جمهورية العراق

وزارة الاعمار والإسكان

المدوّنة العراقية للخرسانة الإنشائية

م.ب.ع ٣٠٤

٢٠١١

المدوّنة العراقية للخرسانة الإنشائية

الإعداد

1. أ.م.د. رياض جواد عزيز
2. أ.م.د. إحسان علي صائب
3. أ. د. هاني محمد فهمي
4. أ.د. زين العابدين رؤوف
5. د. عمار عبد الجبار عبد الرحمن
6. د. نبيل محمد علي
7. م. يزن موفق فرج
8. م. تمارا توفيق يونان
9. م. زينة رياض صالح
10. م. ضياء مصطفى ذيبان
11. م. سامر سعدي حسين
12. م. اسماء مهدي علي
13. م.ازهر صادق ياسين

التدقيق

1. أ.د خالد عبد العزيز زكريا
2. أ.م.د محمد نجم محمود
3. أ.م.د طلال عبد الحميد جرجيس
4. د. صهيب يحيى الدرزي

المتابعة

1. المهندسة أنوار عبد الله

المحتويات
Contents

المحتويات الصفحة

محتويات الأشكال
List of Figures

محتويات الجداول
List of Tables

الفصل الأول
المتطلبات العامة
General Requirements

1-1 مقدمة : (Introduction)

1-1-1 توفر هذه المدونة المتطلبات الدنيا لتصميم و تشييد العناصر الخرسانية الانشائية منشأ ينفذ بموجب متطلبات مجموعة المدونات التي تصدرها وزارة الاعمار و الاسكان و الجهات الفنية ذات العلاقة و التي تشكل هذه المدونة جزءا من هذه المجموعة .تمثل هذه المدونة الحدود الدنيا للمعايير المقبولة فيما يخص المواد و التصميم و اعمال التشييد.
يجب ان لا تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة الانشائية ($f'c$)عن (17) نت\مم^2 اما بالنسبة للحدود العليا لمقاومة الخرسانة ($f'c$) فيجب اتباع الحدود المثبتة في الاشتراطات المؤشرة في فقرات هذه المدونة.

2-1-1 تعتبر هذه المدونة جزء متمما لمواصفات الابنية المعتمدة لدى وزارة الاعمار والاسكان و الجهات الفنية الاخرى و يجب ان تستخدم لجميع الامور المتعلقة بتصميم و تشييد المنشأت الخرسانية و يستثنى من ذلك الحالات التي تتناقض فيها المتطلبات العامة الواردة في بعض فقرات هذه المدونة مع المتطلبات التخصصية المبينة بشكل اكثر تفصيلا في المدونات الاخرى المعتمدة.

3-1-1 تعتبر هذه المدونة واجبة التطبيق فيما يتعلق بامور التصميم و التشييد و خواص المواد عند حصول تناقض بين المتطلبات الواردة فيها مع المتطلبات الواردة في المواصفات المشار اليها في هذه المدونة.

4-1-1 للمنشأت غير المألوفة كالاقواس و الحاويات (bins) و السايلوات و المداخن و المنشأت المقاومة للانفجارات فأن اشتراطات هذه المدونة تكون واجبة الاتباع حيثما كانت قابلة للتطبيق.

5-1-1 لا تشتمل هذه المدونة متطلبات التصميم و التنفيذ لجميع انواع الركائز و الدعامات و لا تشمل تصميم و تشييد المنشأت المعرضة لاحمال الزلازل حيث يمكن الاستعانة بالمدونات العراقية المتخصصة في هذا المجال او الاستعانة بالمدونات العالمية المتخصصة التي يوافق على اعتمادها رب العمل.

6-1-1 لا تشمل هذه المدونة تصميم و تشييد البلاطات المستندة مباشرة على الارض (slab on grade) الا اذا كانت هذه البلاطات تقوم بنقل الاحمال الشاقولية او القوى الجانبية من اجزاء المنشا الاخرى الى التربة.

2-1 المرتسمات والمواصفات : (Drawings and Specifications)

1-2-1 يجب ان تتوفر نسخ مختومة بختم الجهة المصممة المرخصة للمخططات التصميمية و التفاصيل النموذجية و المواصفات الخاصة باعمال تنفيذ المنشات الخرسانية .يجب ان تتضمن هذه المخططات و التفاصيل و المواصفات ما يلي:

أ - اسم و تاريخ اصدار المدونة و ملحقاتها التي يتم اعتمادها في التصميم
ب - الاحمال الحية و الاحمال الاخرى المستخدمة في التصميم
ج - مقاومة الانضغاط المحددة للخرسانة في العمر المطلوب أو مقاومة انضغاط الخرسانة المطلوبة خلال مراحل تشييد كل جزء من اجزاء المنشا.
د - المقاومة المطلوبة لحديد التسليح
ه - مقاسات و مواقع كافة العناصر الانشائية و مقاسات حديد التسليح و قضبان التثبيت.

و - اشتراطات التغير في الابعاد الناتج عن الزحف و الانكماش ودرجة الحرارة.
ز - طول التثبيت لحديد التسليح و مواقع و اطول وصلات التراكب.
ح - نوع و موقع وصلات التثبيت الميكانيكية و وصلات اللحام لحديد التسليح.
ط - تفاصيل و مواقع كافة مفاصل التقلص او مفاصل العزل للخرسانة العادية الانشائية بموجب متطلبات الفصل (15) من هذه المدونة.

2-2-1 يجب ان تحتوي الحسابات التصميمية على رسوم توضيحية عندما تطلبها الجهة المستفيدة. كما يسمح باجراء التحليلات و التصاميم باستخدام برامج الحاسوب مع ضرورة تقديم فرضيات التصميم و المدخالات (input) ونتائج التحليل و التصميم.

3-1 مصطلحات المدونة : (Code Notation)

a عمق المستطيل المكافئ لمنحنى الاجهاد (مم)

a_v فضاء القص , يساوي المسافة من مركز الحمل المركز الى اما (1) او (2):
1- وجه المسند العناصر المستمرة أو الناتئة
2- مركز المسند للعناصر بسيطة الاسناد (مم)

A_b مساحة القضيب المنفرد (individual bar) او السلك (wire) (مم2)

A_{brg} مساحة التحميل الصافية لرؤوس البرغي (stud)و برغي التثبيت (Anchor bolt) او قضيب حديد التسليح المحزز ذو الرأس (headed deformed bar) , (مم2)

A_c مساحة المقطع الخرساني المقاوم لانتقال القص, (مم2)

A_{ch} مساحة مقطع العنصر الانشائي مقاسا من الحافات الخارجية لحديد التسليح المستعرض, (مم2)

A_{cp} المساحة المحاطة بالحدود الخارجية للمقطع الخرساني (مم2)

A_{cs} مساحة المقطع عند نهاية واحدة للدعامة (strut) في نموذج (الدعامة- الرباطات) يؤخذ عموديا على محور الدعامة (مم2)

A_{cv} مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد s(مم2)

A_{cw} مساحة المقطع الخرساني لدعامة المفردة (individual pier),جزء الحدار الافقي او العتبة المتحدة لمقاومة للقص (مم2)

A_t مساحة حديد تسليح الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) المقاومة للعزوم المضخمة (مم2)

A_g المساحة الاجمالية للمقطع (مم2)

A_h المساحة الاجمالية لحديد تسليح القص الموازي الى حديد تسليح الشد الرئيسي فس الاكتاف او دعامة الحافة الناتئة (مم2)

A_j مساحة المقطع الفعال في منطقة الربط في المستوي الموازي الى مستوى حديد التسليح الذي يولد القص في منطقة الربط (مم2)

Al المساحة الكلية لحديد التسليح الطولي لمقاومة اللي (مم2)

A_{lmin} المساحة الدنيا لحديد التسليح الطولي لمقاومة اللي (مم2)

A_n مساحة حديد تسليح الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) المقاومة لقوة الشد Nuc(مم2)

A_{nz} مساحة وجه منطقة العقدة او مساحة المقطع الذي يمر بمنطقة العقدة (مم2)

A_o المساحة الاجمالية المحاطة بمسار جريان القص (shear flow)(مم2)

A_{oh} المساحة المحاطة بمراكز حديد تسليح اللي العرضي المغلق القريب من الحافة الخارجية للمقطع(مم2)

A_s مساحة حديد التسليح الطولي غير مسبق الاجهاد (nonprestressed) في منطقة الشد (مم2)
A'_s مساحة حديد التسليح الانضغاط (مم2)
A_{sc} مساحة حديد تسليح الشد الرئيسي في الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) (مم2)
A_{sh} مساحة المقطع الكلية لحديد التسليح المستعرض (شاملة الرباطات المتقاطعة) ضمن مسافة تباعد S و العمودي على البعد bc (مم2)
A_{si} المساحة الكلية لسطح حديد التسليح الموزع على مسافة تباعد Si في الطبقة i التي تتقاطع الدعامة (strut) و التي يثبت فيها حديد تسليح بزاوية αi بالنسبة الى محور الدعامة (مم2)
$A_{s\ min}$ المساحة الدنيا لحديد تسليح الانحناء(مم2)
A_{st} لمساحة الكلية لحديد التسليح الطولي غير مسبق الاجهاد(مم2)
A_{sx} مساحة مقطع الحديد الانشائي او الانابيب (tubing or pipe) في المقطع المركب(مم2)
A_t مساحة ذراع واحدمن حديد تسليح الاطواق المغلقة التي تقاوم اللي بمسافة تباعد مقدارها s بين طوق واخر(مم2)
A_{tr} المساحة الكلية لجميع حديد التسليح المستعرض بمسافة تباعد S الذي يتقاطع مع مستوي الانشطار المحتمل ضمن حديد تسليح التثبيت (مم2)
A_{ts} مساحة حديد التسليح غير مسبق الاجهاد في الرباطات(مم2)
A_v مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد s (مم2)
A_{vd} المساحة الكلية لحديد التسليح في كل مجموعة من القضبان القطرية في العتبة المتحدة ذات التسليح القطري(مم2)
A_{vf} مساحة حديد تسليح القص والاحتكاك (مم2)
A_{vh} مساحة حديد تسليح القص الموازي لحديد تسليح شد الانحناء ضمن مسافة تباعد S2(مم2)
$A_{v\ min}$ المساحة الدنيا لحديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد s (مم2)
A_1 مساحة التحميل(مم2)
A_2 مساحة القاعدة السفلى لاكبر هرم مخروطي (pyramid) او اسفين مخروطي (tapered wedge) او مقطع مخروطي (cone) الذي يقع كليا ضمن المسند و تكون قاعدته العليا هي مساحة التحميل و جوانبه مائلة بمقدار (1 عمودي: 2 افقي) (مم2)
b عرض وجه العنصر المعرض للانضغاط (مم)
b_c مقاس المقطع العرضي لمركز العنصر مأخوذا من الحافات الخارجية لحديد التسليح المستعرض الذي يؤلف المساحة Ash (مم)
b_o محيط المقطع الحرج للقص في البلاطات و الاسس (مم)
b_s عرض الدعامة (strut) (مم)
b_t عرض ذلك الجزء من المقطع الحاوي على اطواق حديد التسليح المغلقة لمقاومة اللي (مم)
b_v عرض المقطع العرضي عند سطح التماس المراد استقصاء القص الافقي عنده (مم)
b_w عرض الوتره (web width) أو قطر المقطع الدائري (مم)
b_1 مقاس المقطع الحرج bo مأخوذا باتجاه الفضاء المحدد لقيم العزوم (مم)
b_2 مقاس المقطع الحرج مأخوذا باتجاه عمودي على b1 (مم)
B_n مقاومة التحميل الاسمية (نت)
B_u أحمال الاسناد المضخمة(نت)
c المسافة من ليف الانضغاط الاقصى الى محور التعادل (مم)
c_b أصغر: 1) مسافة من مركز القضيب أو السلك الى اقرب سطح للخرسانة أو 2) نصف مسافة التباعد المركزية بين القضبان او الاسلاك(مم)
c_c غطاء الحماية الصافي لحديد التسليح (مم)

c_t	المسافة من الوجه الداخلي للعمود الى حافة البلاطة و يقاس موازيا الى c1 على ان لا يتجاوز قيمة c1 (مم)
c_1	بعد العمود المستطيل او العمود المكافئ للمستطيل , قبعة العمود (capital) او الاكتاف(bracket) مقاسا باتجاه الفضاء الذي يتم احتساب العزوم عنده (مم)
c_2	بعد العمود المستطيل او العمود المكافئ للمستطيل , قبعة العمود (capital) او الاكتاف(bracket) مقاسا باتجاه عمودي على c1 (مم)
C	ثابت يحدد العلاقة بين خواص اللي للبلاطة و العتبة
C_m	معامل العلاقة بين شكل العزم الحقيقي و شكل العزم المكافئ المنتظم
d	المسافة من وجه الحافة القصوى للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الشد الطولي (مم)
d'	المسافة من وجه الحافة القصوى للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الانضغاط الطولي (مم)
d_b	قطر القضيب او السلك (مم)
d_{pile}	قطر الركيزة عند قاعدة الاساس (مم)
d_t	المسافة من وجه الحافة القصوى للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الشد الطولي القريب من سطح الخرسانة (مم)
D	الاحمال الميتة او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة
E	تأثيرات احمال الزلازل او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة
E_c	معامل المرونة للخرسانة (نت\مم2)
E_{cb}	معامل المرونة للعتبة الخرسانية (نت\مم2)
E_{cs}	معامل المرونة للبلاطة الخرسانية(نت\مم2)
E_I	جساءة الانحناء لعناصر الانضغاط(نت.مم2)
E_s	معامل المرونة لحديد التسليح و حديد الانشاء(نت\مم2)
f'_c	مقاومة الانضغاط المطلوبة للخرسانة لاسطوانة قياسية بعمر 28 يوم(نت\مم2)
$\sqrt{f'_c}$	الجذر التربيعي لمقاومة الانضغاط المطلوبة للخرسانة لاسطوانة قياسية بعمر 28 يوم (نت\مم2)
f_{ce}	مقاومة الانضغاط الفعلية للخرسانة عند الدعامة (strut) أو منطقة العقدة (nodal zone) (نت\مم2)
f'_{cr}	معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة المستخدمة كاساس لاختيار نسب خلط الخرسانة(نت\مم2)
f_{ct}	معدل مقاومة شد الانشطار للخرسانة خفيفة الوزن(نت\مم2)
f_d	الاجهاد الناتج عن الاحمال الميتة غير المضخمة عند الليف الاقصى للمقطع الذي تتولد عنده اجهادات الشد نتيجة الاحمال الخارجية المسلطة(نت\مم2)
f_r	معاير الكسر للخرسانة (modules of rupture) (نت\مم2)
f_s	اجهاد الشد المحسوب في حديد سبق الاجهاد تحت تأثير الاحمال الخدمية (service load) (نت\مم2)
f'_s	الاجهاد في حديد تسليح الانضغاط(compression reinforcement) تحت تأثير الاحمال المضخمة (factored load) (نت\مم2)
f_t	أجهاد الشد في الليف الاقصى في جزء المقطع الذي سبق وان تعرف الى احهادات انضغاط محسوبا تحت تاثير الاحمال الخدمية و بأستخدام خواص المقطع الاجمالي (نت\مم2)
f_y	مقاومة الخضوع المطلوبة لحديد التسليح (نت\مم2)
f_{yt}	مقاومة الخضوع المطلوبة Fy لحديد التسليح المستعرض (نت\مم2)
F	الاحمال الناتجة عن وزن و ضغط السوائل ذات الكثافة المعروفة ذات الارتفاع المسيطر الاقصى او العزوم و القوى ذات العلاقة

F_n المقاومة الاسمية للدعامة (strut), الرباطات (tie) او منطقة العقدة (nodal zone) (نت)
F_{nn} المقاومة الاسمية لوجه منطقة العقدة (nodal zone) (نت)
F_{ns} المقاومة الاسمية للدعامة (strut) (نت)
F_{nt} المقاومة الاسمية للرباط (tie) (نت)
F_u القوة المضخمة التي تؤثر في الدعامة (strut), الرباط (tie), مساحة التحميل او منطقة العقدة (nodal zone) في نموذج (الدعامة- الرباط) (نت)
h السمك او العمق الكلي للعنصر الانشائي (مم)
h_v عمق مقطع راس القص(مم)
h_w ارتفاع الجدار الاجمالي من القاعدة الى القمة او ارتفاع جزء من الجدار الماخوذ بنظر الاعتبار(مم)
h_x أقصى مسافة تباعد مركزية افقية للرباطات المستعرضة او اذرع الاطواق (hoop) على كل اوجه العمود(مم)
H الاحمال الناتجة عن وزن و ضغط التربة او الماء في التربة او مواد اخرى او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة
I عزم القصور الذاتي للمقطع عند مركز المقطع(مم4)
I_b عزم القصور الذاتي للمقطع الاجمالي للعتبات حول المحور المركزي(مم4)
I_{cr} عزم القصور الذاتي للمقطع المشقق المحول الى خرسانة (cracked section) (مم4)
I_e عزم القصور الذاتي الفعال لحساب الانحراف (مم4)
I_g عزم القصور الذاتي للمقطع الخرساني الاجمالي (gross section) حول محور مركز الثقل مع أهمال حديد التسليح (مم4)
I_s عزم القصور الذاتي للمقطع الاجمالي للبلاطة حول المحور المركزي المعرف لاحتساب $\alpha 1$ و $\beta 1$(مم4)
I_{se} عزم القصور الذاتي لحديد التسليح حول المحور المركزي لمقطع العنصر(مم4)
I_{sx} عزم القصور الذاتي لمقاطع الحديد الانشائي او الانابيب (tubing or pipe) حول المحور المركزي لمقاطع العناصر المركبة(مم4)
k معامل الطول الفعال لعناصر الانضغاط
K_{tr} دليل حديد التسليح المستعرض
l طول فضاء العتبة او البلاطة باتجاه واحد, المسافة الصافية للعناصر الناتئة(مم)
l_a الطول الاضافي المطمور الى ما بعد الخط المركزي للمسند او نقطة الانقلاب(مم)
l_c طول عنصر الانضغاط في الهيكل مقاسا من مراكزنقاط الربط في الهيكل(مم)
l_d طول التثبيت الشد للقضيب او السلك المحزز او حديد تسليح السلك المحلوم المحزز(مم)
l_{dc} طول التثبيت الشد للقضيب او السلك المحزز(مم)
l_{dh} طول تثبيت الشد للقضبان او الاسلاك المحززة التي تحتوي على عكفة قياسية (hook) مقاسا من المقطع الحرج الى نهاية العكفة الخارجية(مم)
l_{dt} طول التثبيت الشد للقضيب او السلك المحزز(مم)
l_n طول الفضاء الصافي مقاسا بين مركزي المساند(مم)
l_o الطول مقاسا من وجه منطقة الربط على طول محور العنصر الانشائي الذي يجب توفير حديد التسليح المستعرض المطلوب على طوله(مم)
l_u الطول غير المسند لعنصر الانضغاط(مم)
l_v طول ذراع راس القص من مركز الحمل المركز او رد الفعل(مم)
l_w طول الجدار الاجمالي او طول جزء الجدار الماخوذ باتجاه قوة القص(مم)
l_1 طول الفضاء بالاتجاه الذي يتم احتساب العزوم بموجبه مقاسا بين مركزي المساند(مم)
l_2 طول الفضاء العمودي على $l1$ مقاسا بين مركزي المساند(مم)
L الاحمال الحية او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة

L_r الاحمال الحية للسقف او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة
M_a العزم الاقصى في العنصر الناتج عن الاحمال الخدمية في المرحلة التي يحسب فيها الانحراف(Deflection) (نت. مم)
M_c العزم المضخم المكبر لادخال تأثير انحناء العنصر في تصميم عنصر الانضغاط(نت. مم)
M_{cr} عزم التشقق (نت.مم)
M_{cre} العزم المسبب لتشقق الانحناء في المقطع الناتج عن الاحمال الخارجية المسلطة(نت. مم)
M_m العزم المضخم المعدل لاحتساب تاثير الانضغاط المحوري(نت. مم)
M_{max} العزم المضخم الاقصى في المقطع الخرساني الناتج عن الاحمال الخارجية المسلطة (نت.مم)
M_n عزم الانحناء الاسمي للمقطع الخرساني (نت. مم)
M_{nb} مقاومة الانحناء الاسمية للعتبة شاملا البلاطة تحت تاثير الشدعند منطقة ربط الهيكل(نت. مم)
M_{nc} مقاومة الانحناء الاسمية للعمود عند منطقة ربط الهيكل يحسب للقوة المحورية المضخمة, التي تكون متوافقة مع اتجاه القوى العرضية المأخوذة بنظر الاعتبار و التي تؤدي الى اقل مقاومة انحناء للعمود(نت. مم)
M_o العزم الاستاتيكي الكلي المضخم(نت. مم)
M_p مقاومة العزم اللدن المطلوب للمقطع العرضي لرأس القص(نت. مم)
M_s العزم المضخم الناتج عن الاحمال المسببة الى ازاحة جانبية مؤثرة(نت. مم)
M_{slab} العزم المضخم لجزء البلاطة المتوازن مع العزم عند المسند(نت. مم)
M_u عزم الانحناء المضخم للمقطع الخرساني (نت.مم)
M_{ua} العزم عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج عن الاحمال المضخمة الجانبية و العمودية غير المحورية غير شاملا تاثيرات $P\Delta$(نت. مم)
M_v مقاومة العزم الناتجة من حديد تسليح راس القص(نت. مم)
M_1 اصغر عزم مضخم عند نهاية عنصر الانضغاط, يؤخذ موجبا اذا كان انحناء العنصرمفردا و يؤخذ سالبا اذا كان انحناء العنصر مزدوجا (نت. مم)
M_{1ns} العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M1 الناتج من الاحمال غير المسببة الى ازاحة جانبية مؤثرة(نت. مم)
M_{1s} العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط ال التي يعمل فيها العزم M1 الناتج من الاحمال المسببة الى ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستخدام التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى(نت. مم)
M_2 اكبر عزم مضخم عند نهاية عنصر الانضغاط اذا كانت الاحمال العرضية تقع بين المساند فتكون قيمة M2 مساوية لاكبر عزم في العنصر, قيمة العزم M2 موجبة دائما (نت. مم)
$M_{2,min}$ القيمة الدنيا للعزم M2(نت. مم)
M_{2ns} العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M2الناتج من الاحمال غير المسببة الى ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستخدام التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى(نت. مم)
M_{2s} العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M2 الناتج من الاحمال غير المسببة الى ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستخدام التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى(نت. مم)
n عدد المفردات (items) ، مثال على ذلك فحوصات المقاومة ، القضبان (bars) ، الاسلاك (wires) ،اجهزة التثبيت ذات الجذيلة المفردة(monostrand anchorage device) ، قضبان التثبيت (anchors) ، اذرعة رأس القص (shear head arms)
N_u القوة المحورية المضخمة عمودية على المقطع العرضي التي تحدث متلازمتا مع Vu أوTu, تؤخذ موجبة للانضغاط وسالبة للشد(نت)

N_{uc} قوة الشد الافقية المضخمة المسلطة فوق الاكتاف(bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) التي تحدث متلازمتا مع Vuو تؤخذ موجبة للشد(نت)

P_{cp} المحيط الخارجي للمقطع الخرساني (مم)

P_h المحيط المحدد بمراكز حديد تسليح اللي المستعرض القريب من الحافة الخارجية للمقطع(مم)

P_b المقاومة المحورية الاسمية عند ظروف توازن الانفعال(نت)

P_c حمل الانبعاج الحرج(نت)

P_n المقاومة المحورية الاسمية لمقطع العنصر(نت)

$P_{n,max}$ القيمة القصوى المسموحة ل Pn(نت)

P_o المقاومة المحورية الاسمية عندما تكون e مساوية الى صفر(نت)

P_s الحمل المحوري غير المضخم لتصميم المقطع في منتصف الارتفاع متضمنا تاثيرات وزنه(نت)

P_u القوة المحورية المضخمة تؤخذ موجبة للانضغاط و سالبة للشد(نت)

q_{Du} الحمل الميت المضخم لوحدة المساحة

q_{Lu} الحمل الحي المضخم لوحدة المساحة

q_u الحمل المضخم لوحدة المساحة

Q دليل الاستقرارية للطابق

r نصف قطر التدعيم لمقطع عنصر الانضغاط

R الاحمال الناتجة عن الامطار او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة

s مسافة التباعد المركزية بين قضبان حديد التسليح و الاسلاك و المثبتات (مم)

s_i مسافة التباعد المركزية لحديد التسليح الطبقة i القريبة من سطح العنصر(مم)

s_o مسافة التباعد المركزية لحديد التسليح العرضي ضمن الطول l_o(مم)

s_2 مسافة التباعد المركزية لحديد التسليح الطولي للقص او اللي(مم)

S احمال الثلوج او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة

S_e العزم,القص او القوة المحورية في منطقة الارتباط التي تتوافق مع تولد المقاومة المتوقعة في مواقع نقاط الخضوع المطلوبة مبنية على اساس الالية المعطاة للتشوهات الجانبية غير المرنة اخذين بنظر الاعتبار تاثير الاحمال الشاقولية و احمال الهزات الارضية

S_m معامل المقطع المرن (مم3)

S_n المقاومة الاسمية للانحناء او القص او القوى المحورية لمنطقة الارتباط

S_y مقاومة الخضوع لوصلات الربط بالاعتماد على Fy للعزم او القص او القوى المحورية

t سمك جدار المقطع المجوف (مم)

T التاثير المتراكم للحرارة,الزحف,الانكماش,الهطول المتفاوت و الخرسانة المعادلة للانكماش

T_n المقاومة الاسمية لعزوم اللي (نت. مم)

T_u عزم اللي المضخم في المقطع(نت. مم)

U المقاومة المطلوبة لمقاومة الاحمال المضخمة او القوى و العزوم الداخلية ذات العلاقة

v_n اجهاد القص الاسمي(نت\مم2)

V_c مقاومة القص الاسمية التي توفرها الخرسانة (نت)

V_{ci} مقاومة القص الاسمية التي توفرها الخرسانة عند حدوث تشقق قطري ناتج عن اشتراك العزوم و قوى القص(نت)

V_{cw} مقاومة القص الاسمية التي توفرها الخرسانة عند حدوث تشقق قطري ناتج عن اجهادات الشد الرئيسية في الوتره (نت)

V_d قوة القص في المقطع نتيجة الاحمال الميتة غير المضخمة (نت)

V_e قوة القص التصميمية الموافقة لتولد مقاومة العزم المحتملة للعنصر(نت)

V_i	قوة القص المضخمة للمقطع الناتجة عن الاحمال الخارجية المسلطة و التي تتزامن مع M_{max}(نت)
V_n	مقاومة القص الاسمية(نت)
V_{nh}	مقاومة القص الافقية الاسمية(نت)
V_s	مقاومة القص الاسمية التي يوفرها حديد تسليح القص(نت)
V_u	قوة القص المضخمة للمقطع(نت)
V_{ug}	قوة القص المضخمة عند المقطع الحرج للبلاطة باتجاهين الناتجة عن الاحمال الشاقولية(نت)
V_{us}	القص الافقي المضخم في الطابق(نت)
w_c	وزن وحدة الحجوم للخرسانة العادية او الكثافة المكافئة للخرسانة خفيفة الوزن(نت\م3)
w_u	الحمل المضخم لوحدة الطول للعتبة او البلاطة باتجاه واحد
W	حمل الرياح او العزوم و القوى الداخلية ذات العلاقة
x	اقصر مقاس شاملا لجزء المقطع المستطيل (مم)
y	اطول مقاس شاملا لجزء المقطع المستطيل(مم)
y_t	المسافة مقاسة من محور الثقل المركزي للمقطع الاجمالي بأهمال حديد التسليح (مم)
α	الزاوية التي تعرف دوران حديد التسليح
α_c	معامل يحدد المشاركة النسبية بين مقاومة الخرسانة الى مقاومة جدران القص الاسمية
αf	نسبة جساءة الانحناء لمقطع العتبة الى جساءة الانحناء لعرض البلاطة المحصور جانبيا بين مراكزالالواح المتجاورة على جانبي للعتبة
α_{tm}	معدل قيمة αf لكل العتبات على حافات اللوح (panel)
α_{f1}	αf باتجاه l_1
α_{f2}	αf باتجاه l_2
α_i	الزاوية بين محور الدعامة (strut) و القضبان في الطبقة i لحديد التسليح الذي يعبر تلك الدعامة
α_s	ثابت يستخدم لحساب Vcفي البلاطات و الاسس
α_v	نسبة جساءة الانحناء لذراع راس القص الى مقطع البلاطة المركبة المعنية
β	النسبة بين المقاس الاطول الى المقاس الاقصر:الفضاء الصافي للبلاطات بالاتجاهين,جوانب العمود, مساحة الحمل المركز او رد الفعل, او جوانب الاساس
β_b	نسبة مساحة حديد التسليح المقطوع الى المساحة الكلية لحديد تسليح الشد في المقطع
β_{dns}	نسبة تستخدم لاحساب تخفيض جساءة الاعمدة الناتجة عن الاحمال المحورية الدائمية
β_{ds}	نسبة تستخدم لاحساب تخفيض جساءة الاعمدة الناتجة عن الاحمال الجانبية الدائمية
β_n	معامل احتساب تاثير تثبيت الرباطات العرضية(ties) على مقاومة الانضغاط الفعالة لمنطقة العقدة
β_s	معامل لاحتساب تاثير التشققات و حديد التسليح الحصر على مقاومة الانضغاط الفعالة للخرسانة في الدعامة (strut)
β_t	نسبة جساءة اللي للمقطع عند حافة العتبة الى جساءة الانحناء لعرض شريحة البلاطة مسويا الى طول فضاء العتبة او المسافة بين مركزي الاسناد
β_1	معامل الربط بين عمق المستطيل المكافئ لمنطقة اجهاد الضغط الى عمق المحور المحايد
γ_f	معامل يستخدم لتحديد العزم غير المتوازن المنقول بواسطة الانحناء في منطقة الربط بين الاعمدة و البلاطات
γ_s	معامل يستخدم لحساب جزء حديد التسليح الواقع في منتصف شريط الاساس
γ_v	معامل يستخدم لتحديد العزم غير الموازن المنقول بواسطة عدم تمركز القص في منطقة الربط بين العمود و البلاطة

δ معامل تضخيم العزوم الذي يعكس تاثير انحناء العنصر بين نهايات عنصر الانضغاط---
δ_s معامل تضخيم العزوم للهياكل غير المدعمة لمنع الازاحة الجانبية و الذي يعكس تاثير الازاحة العرضية الناتجة عن الاحمال الشاقولية و الاحمال الجانبية
δ_u الازاحة التصميمية(مم)
Δ_{cr} الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار المسبب لعزم التشققM_{cr}(مم)
Δ_n الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار المسبب لمقاومة الانحناء الاسمية M_n(مم)
Δ_o الانحراف الجانبي النسبي بين اعلى و اسفل الطابق الناتج عن القوى الجانبية المحسوبة باستخدام التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى(مم)
Δ_s الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج عن الاحمال الخدمية(مم)
Δ_u الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج عن الاحمال المضخمة(مم)
ε_t انفعال الشد الصافي في طبقة حديد تسليح الشد القريبة من غطاء الخرسانة عند المقاومة الاسمية و يستثنى من ذلك الانفعالات الناتجة عن سبق الاجهاد الفعال, الزحف.الانكماش و درجة الحرارة
θ الزاوية المحصورة بين محور الدعامة (strut) و الانضغاط القطري او مجال الانضغاط و حبل الشد للعنصر
λ معامل تعديل يعكس انخفاض الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن نسبة الى الخرسانة العادية التي لها نفس مقاومة الانضغاط
λ_Δ معامل لاضافة للانحراف الاضافي الناتج من التاثيرات طويلة الامد
μ معامل الاحتكاك
ζ معامل تأثير الزمن للاحمال الدائمية
ρ As\bd
ρ' A's\bd
ρ_b As\bd التي تنتج ظروف الانفعال الموازن
ρ_ℓ نسبة مساحة حديد التسليح الطولي الموزع الى مساحة مقطع الخرسانة الاجمالي العمودي على ذلك التسليح
ρ_s نسبة حجم حديد التسليح الحلزوني (spiral) الى الحجم الكلي لجزء العنصر المحصور به مقاسا من الحافات الخارجية للحلزون
ρ_t نسبة مساحة حديد التسليح المستعرض الموزع الى مساحة مقطع الخرسانة الاجمالي العمودي على ذلك التسليح
ρ_v نسبة مساحة حديد تسليح الرباطات الى مساحة سطح التماس
ρ_w نسبة Asالى b_w d
φ معامل تخفيض المقاومة
ψ_e معامل يستخدم لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على طبقة الحماية لحديد التسليح
ψ_s معامل يستخدم لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على قطر حديد التسليح
ψ_t معامل يستخدم لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على موقع حديد التسليح
ψ_w معامل يستخدم لتعديل طول التثبيت لسلك حديد التسليح الملحوم تحت تاثير الشد
$\omega\omega$ دليل حديد تسليح الشد للمقاطع ذات الشفاه
ω ‘ω دليل حديد تسليح الانضغاط للمقاطع ذات الشفاه
C قوة الانضغاط المؤثرة عند منطقة العقدة
f_{si} الاجهاد في الطبقة i لحديد التسليح القريب من سطح الخرسانة(نت\مم2)

K_t	جساءة اللي لعنصر اللي, العزم لكل وحدة دوران
l_{anc}	الطول الذي يجب تثبيت الرباط عنده(مم)
l_b	عرض التحميل(مم)
R	رد الفعل(نت)
T	قوة الشد المؤثرة عند منطقة العقدة(نت)
w_s	عرض الدعامة(strut) العمودي على محورها(مم)
w_t	الارتفاع الفعال للخرسانة المتحد مع محور الرباط الذي يستخدم لتحديد مقاس منطقة العقدة(مم)
$w_{t,max}$	اقصى ارتفاع للخرسانة المتحد مع محور الرباط الذي يستخدم لتحديد مقاس منطقة العقدة (مم)
ε_{su}	اعلى انفعال ممكن عند الليف الاقصى للانضغاط
φ_k	معامل تخفيض الجساءة

الفصل الثاني
المواد ومتطلبات الديمومة
Materials and Durability Requirements

2-1 فحوص المواد: (Tests of Materials)

2-1-1 يحق لدائرة المهندس المقيم أو من يمثلها طلب فحص أي من المواد التي تستخدم في تشيد الخرسانة وذلك للتأكد من كون هذه المواد تستوفي متطلبات النوعية المحددة في المواصفات والمخططات وجداول الكميات.

2-1-2 يجب أن تجرى فحوص المواد و فحوص الخرسانة بموجب المواصفات العراقية النافذة او أي مواصفات مماثلة تعتمدها الجهات الفنية المختصة.

2-1-3 ينبغي الاحتفاظ بسجل متكامل لفحوص المواد و فحوص الخرسانة لدى دائرة المهندس المقيم لمدة لا تقل عن سنتين بعد انتهاء تنفيذ المشروع ويجب أن تكون مهيأة للتدقيق خلال مراحل تنفيذ العمل.

2-2 المواد السمنتية : (Cementitious Materials)

2-2-1 يجب ان تطابق المواد السمنتية المواصفات المدرجة في أدناه او المواصفات القياسية العراقية النافذة (ان وجدت) او أي مواصفات مماثلة تعتمدها الجهات الفنية المختصة و كما يلي:

أ - السمنت البورتلندي (Portland cement) : ASTMC150

ب - مزيج السمنت اللامائي (Blended hydraulic cements): ASTMC595

ج - السمنت التمددي الهيدروليكي (Expansive hydraulic cement) ASTMC845

د - السمنت اللامائي (Hydraulic cement) ASTMC1157

ه - السمنت المتطاير والبوزلانا الطبيعية (Fly ash and natural pozzolan) ASTMC618 :

و - حبيبات خبث الافران المطحونة (Ground-granulated blast-furnace slag) ASTMC989

ز - غبار السيلكا (Silica Fume) ASTMC1240

2-2-2 يجب أن تتوافق المواد السمنتية التي تستخدم في الإعمال الخرسانية مع أسس اختيار الخلطة الخرسانية المشار إليها في الفقرة (3-2) لتلافي حدوث تباين في الانحراف المعياري لنتائج الفحوص.

2-3 الركام : (Aggregates)

2-3-1 يجب أن يطابق الركام المستخدم (الطبيعي, خفيف الوزن) لأحدث اصدارات المواصفات القياسية العراقية أو اي من المواصفات ذات العلاقة التي تتوافق مع المتطلبات الواردة في شروط تنفيذ العمل (يمكن استخدام نوعيات أخرى من الركام الناجح بالفحوص أو الناجح بالاستخدام لإنتاج خرسانة ذات مقاومة و ديمومة تستوفي بمتطلبات الجهات الفنية ذات العلاقة).

2-3-2 المقاس الاسمي الأقصى للركام الخشن يجب أن لا يزيد عن:
أ -(1/5) من أصغر بعد بين جوانب القالب كما في العناصر الإنشائية ذات ال وترة النحيفة (thin web).
ب -(1/3) من عمق البلاطات الخرسانية (slabs).
ج -(3/4) من أصغر بعد صافي بين قضبان الحديد المنفردة و الأسلاك و حزم القضبان وقضبان سبق الإجهاد و الجدائل (stands) و الاوتار(tendons) أو قنوات حفظ الجدائل (ducts).
يمكن عدم اعتماد هذه المحددات أذا ارتئ المهندس الاستشاري من ذوي الخبرة و الاختصاص ذلك أو اذا كانت الخرسانة المستخدمة ذات قابلية تشغيل و طريقة رص مناسبة بحيث لا تتولد فجوات (voids) أو فراغات بين مكونات الخرسانة (honeycombs).

4-2 الماء : (Water)

1-4-2 يجب أن يلبي الماء المستخدم لخلط الخرسانة متطلبات أحدث الإصدارات للمواصفات القياسية العراقية أو أي من المواصفات المماثلة ذات العلاقة.

2-4-2 يجب أن يكون ماء الخلط خاليا " من أيونات الكلوريدات عند استخدامه في الخرسانة حاوية على اجزاء مطمورة مصنوعة من مادة الألمنيوم و بموجب متطلبات الفصل الثالث.

5-2 حديد التسليح : (Steel Reinforcement)

1-5-2 يجب ان يكون حديد التسليح من النوع المحزز باستثناء الحديد المستخدم للأطواق الحلزونية او لسبق الاجهاد او لحديد براغي القص ذات الرؤوس والحديد الانشائي وحديد الأنابيب حيث يسمح باستخدام حديد املس.

2-5-2 يجب ان يلبي لحام قضبان التسليح متطلبات المواصفة القياسية العراقية النافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل كما ويجب تحديد نوع ومواقع الوصلات الملحومة والمتطلبات الاخرى للحام قضبان التسليح ضمن المخططات التصميمية او مواصفات المشروع.

3-5-2 التسليح المحزز: (Deformed Reinforcement)

1-3-5-2 ينبغي ان تستوفي قضبان التسليح المحززة المتطلبات الواردة في المواصفات ادناه او المواصفات القياسية العراقية النافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل .
أ - فولاذ الكاربون (steel carbon) ASTM A615M
ب - فولاذ منخفض السبيكة (low-alloy steel) ASTM A706M
ج - فولاذ ضد الصدأ (stainless steel) ASTM A955M
د - فولاذ سكك الحديد وفولاذ المحاور (rail steel and axle steel) ASTM A966M
ه - القضبان المصنعة من فولاذ سكك الحديد يجب ان تكون من النوع R.

2-3-5-2 ينبغي ان تستوفي قضبان التسليح المحززة احدى المواصفات القياسية العراقية النافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل المشار اليها في الفقرة (2-5-3-1) او اي مواصفة عربية او عالمية يوافق عليها رب العمل باستثناء القضبان التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 نت/مم^2) حيث ان اجهاد الخضوع لمثل هذه القضبان يمثل الاجهاد المناظر لانفعال مقداره(0.35%). لاحظ الفقرة (4-6) من هذه المدونة.

2-5-3-3 ينبغي ان تستوفي شبكات القضبان التي تستخدم في تسليح الخرسانة متطلبات ال مواصفة (ASTM) (A184M) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل. يجب ان تكون قضبان التسليح المستعملة في الشبكات مستوفية لمتطلبات المواصفة (ASTM A 615M او ASTM A706M) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

2-5-3-4 ينبغي ان تستوفي الاسلاك المحززة المستخدمة لتسليح الخرسانة متطلبات المواصفة (ASTMA496M) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل . باستثناء الاسلاك التي يكون مقاسها اصغر من (MD25) ولا يزيد مقاسها عن (MD200) ما لم يسمح بذلك طبقاً للفقرة (2-5-3-6). مع مراعاة احتساب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) بالنسبة للاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 نت/مم^2).

2-5-3-5 ينبغي ان تستوفي اسلاك التسليح الملساء الملحومة متطلبات المواصفة (ASTM A185M) او مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 نت/مم^2) ، فيتم احتساب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) مع مراعاة لا تزيد مسافات التباعد بين تقاطعات اللحام عن (300مم) بالاتجاه الذي يحسب بموجبه الاجهاد باستثناء اسلاك التسليح الملحومة التي تستخدم كاطواق كما مبين في (9-11-2).

2-5-3-6 ينبغي ان تستوفي اسلاك التسليح المحززة الملحومة متطلبات المواصفة (ASTM A497M) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 نت/مم^2) ، فيتم احتساب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) مع مراعاة ان لا تزيد مسافات التباعد بين تقاطعات اللحام عن (400 مم) بالاتجاه الذي يحسب بموجبه الاجهاد باستثناء اسلاك التسليح الملحومة التي تستخدم كاطواق كما مبين في (9-11-2).

2-5-3-7 ينبغي ان تستوفي قضبان التسليح المغلونة متطلبات المواصفة (ASTM A767M) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل . وينبغي ان تستوفي قضبان التسليح المطلية بمادة الايبوكسي متطلبات المواصفة (ASTM A775M او ASTM A934M) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او اي مواصفة مماثلة يوافق عليها رب العمل . كما يجب ان تستوفي القضبان المغلونة او المطلية بمادة الايبوكسي متطلبات المواصفات الواردة في الفقرة (2-5-3-1).

2-5-3-8 يجب ان تستوفي الاسلاك المطلية بمادة الايبوكسي واسلاك التسليح الملحومة متطلبات المواصفة (ASTM A884M) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

2-5-4 التسليح الأملس: (Plain Reinforcement)

2-5-4-1 ينبغي ان تكون القضبان الملساء المستعملة في التسليح الحلزوني مطابقة للمتطلبات الواردة في الفقرة (2-5-3-1) (أ) و (ب).

2-5-4-2 يجب ان تكون الاسلاك الملساء المستعملة في التسليح الحلزوني مطابقة للمواصفة (ASTM A82M) او اي مواصفة عراقية معتمدة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يوافق عليها

رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 نت/ مم^2) حيث ان اجهاد الخضوع لمثل هذه الأسلاك يمثل الاجهاد المناظر لأنفعال مقداره (0.35%).

2-5-5 براغي تسليح القص ذات الرؤوس: (Headed shear stud reinforcement)
ينبغي ان تستوفي براغي تسليح القص ذات الرؤوس ومجاميعها متطلبات المواصفة (ASTM A1044M)) او اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

2-6 المضافات : (Admixtures)

2-6-1 يجب أن تلبي المضافات المستخدمة لتقليل كميات الماء أو تعديل زمن التصلب للخرسانة أو مضافات الهواء المقصود (air-entraining admixtures) متطلبات اي مواصفة قياسية عراقية نافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

2-6-2 يجب إستحصال موافقة الجهة الاستشارية ذات الخبرة و الاختصاص عند استخدام مضافات لا تتوافق مع متطلبات الفقرة (2-6-1).

2-6-3 على العموم يجب عدم استخدام المضافات الحاوية على كلوريد الكالسيوم (calcium chloride) أو المضافات التي تحتوي على أيونات الكلوريدات إلى الخرسانة الحاوية على اجزاء مطمورة مصنوعة من مادة الألمنيوم أو عند استخدام قوالب دائمية أو أجزاء مطمورة مصنوعة من الفولاذ المغلون .لاحظ الفقرة (2-8-2) و الفقرة (4-3-2)

2-6-4 يجب أن تتوافق المضافات المستخدمة في الخرسانة الحاوية على سمنت تمـــددي (expansive cement) (المطابق المواصفة القياسية العراقية النافذة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل) مع نوعية السمنت المستخدم و أن لا تولد أي تأثيرات سلبية محتملة على الخرسانة المنتجة.

2-7 خزن المواد : (Storage of Materials)

2-7-1 يجب أن تحفظ المواد السمنتية و الركام و المضافات بشكل يمنع تلفها أو اختلاطها مع مواد غريبة.

2-7-2 لا يجوز استخدام المواد التالفة أو التي اختلطت مع مواد غريبة لإنتاج الخرسانة.

2-8 متطلبات الديمومة : (Durability Requirement)

2-8-1 فئات التعرض و انواعها (exposure categories and classes)
يتم تعيين انواع التعرض بناءا على تقدير شدة تعرض العناصر الأنشائية الخرسانية لكل فئة من فئات التعرض المبينة في الجدول (2-1).

الجدول (2-1) فئات وأنواع التعرض

الفئة	الشدة	النوع	ظرف التعرض	
F التجمد و الذوبان	.....	F0	خرسانة غير معرضة لدورات من التجمد و الذوبان	
	متوسطة	F1	خرسانة معرضة لدورات من التجمد و الذوبان وتتعرض الى الرطوبة أحيانا	
	قاسية	F2	خرسانة معرضة لدورات من التجمد و الذوبان وتتعرض إلى الرطوبة بصورة مستمرة	
	قاسية جدا	F3	خرسانة معرضة لدورات من التجمد و الذوبان وبتماس مستمر مع الرطوبة مع تعرضها إلى مذيبات الجليد الكيميائية	
S			التربة الحاوية على كبريتات (SO_4) قابلة للذوبان في الماء (نسبة وزنية)	الكبريتات الذائبة في الماء (SO_4) ppm
	.....	S0	$SO_4<0.1$	$SO_4<150$
	متوسطة	S1	$0.1 \le SO_4 \le 0.2$	$150 \le SO_4 \le 1500$ ماء البحر
	قاسية	S2	$0.2 \le SO_4 \le 2.00$	$1500 \le SO_4 \le 10000$
	قاسية جدا	S3	$SO_4 > 2.00$	$SO_4 > 10000$
P فئة تتطلب نفاذية واطئة	.....	P0	في تماس مع الماء دون الحاجة لتأمين نفاذية واطئة	
	مطلوب	P1	في تماس مع الماء مع تأمين نفاذية واطئة	
C حماية حديد التسليح من التأكل	.....	C0	خرسانة جافة او محمية من الرطوبة	
	متوسطة	C1	خرسانة معرضة للرطوبة لكنها غير معرضة للكلوريدات الخارجية	
	قاسية	C2	خرسانة معرضة للرطوبة ومعرضة لمصدر خارجي من الكلوريدات ناتجة عن المذيبات الكيمياوية او الأملاح أو مياه مالحة أو مياه البحر أو رذاذ من هذه المصادر	

2-8-2 متطلبات الخلطات الخرسانية

اعتمادا على انواع التعرض المحددة في الجدول (2-1) يجب أن تتوافق مع الخلطات الخرسانية مع المتطلبات الأكثر شدة في الجدول رقم (2-2).

الجدول (2-2) متطلبات الخرسانة استنادا الى نوع التعرض

نوع التعرض	النسبة العليا الماء/المواد السمنتية 1	المقاومة الدنيا f'c (MPa)	المتطلبات الدنيا الإضافية			
			محتوى الهواء			تحديدات اعتمادا على المادة السمنتية
F0	……	17	……			……
F1	0.45	31	الجدول (2-3)			……
F2	0.45	31	الجدول (2-3)			……
F3	0.45	31	الجدول (2-3)			
			2 انواع المواد السمنتية			خليط كلوريد الكالسيوم
			ASTM3 C150	ASTM3 C595	ASTM3 C1157	
S0	……	17	لايوجد تقييد لأي نوع	لايوجد تقييد لأي نوع	لايوجد تقييد لأي نوع	لا يوجد تقييد
S1	0.5	28	II4	IP IS (MS)	MS	لا يوجد تقييد
S2	0.45	31	V5	IP IS (HS)	HS	غير مسموح
S3	0.45	31	V + بوزولانا او رماد	IP + بوزولانا او رماد(70>) (HS) + بوزولانا او رماد(70>)	HS + بوزولانا او رماد	غير مسموح
P0	……	17	…….			
P1	0.5	28	…….			
			المحتوى الأعلى لأيون الكلور (-Cl) في الخرسانة 6(النسبة إلى وزن السمنت)		الفقرات ذات العلاقة	
			خرسانة عادية			
C0	……	17	1		لا يوجد	

نوع التعرض	النسبة العليا الماء/المواد السمنتي 1	المقاومة الدنيا f'c (MPa)	المتطلبات الدنيا الإضافية	
C1	……	17	0.3	
C2	0.4	35	0.15	7.7.6 ACI[7]

1 للخرسانة خفيفة الوزن
2 يسمح باستخدام مواد سمنتيه مختلفة بدلا من تلك الواردة في الجدو ل (2-2) على أن يتم فحصها لمقاومة الأملاح و تتوافق مع معايير الفقره 2-8-4
3 او اي مواصفة عراقية نافذة او عربية او عالمية معتمدة من قبل الجهة المستفيدة
4 في حالات التعرض لماء البحر يسمح باستخدام أنواع أخرى من السمنت البورتلندي الذي يحتوي على ثلاثي الومينات الكالسيوم C3A لا يزيد عن (10%) اذا كانت نسبة الماء الى المواد السمنتيه لا تتجاوز (0.4%)
5 يسمح بأستخدام انواع اخرى من السمنت المتوفرة مثل نوع السمنت البورتلندي الاعتيادي وسمنت سريع التصلب لنوعي التعرض S1 أو S2 اذا كان محتوى ثلاثي الومينات الكالسيوم C3A يقل عن (8%) او (5%) على التوالي.
6 محتوى ايونات الكلوريدات الذائبة في الماء الناتجة من المكونات المتضمنة الماء والركام والمواد السمنتيه و المضافات يجب أن تحسب اعتمادا على الخلطة الخرسانيه المبينة بالمواصفة الأمريكية ASTM C1218M او أي مواصفة قياسية عراقية معتمده (ان وجدت) او أي مواصفة مم اثلة معتمدة من قبل رب العمل بعمر يتراوح مابين (28) و (42) يوم
7 يجب تحقيق متطلبات الفقرات الخاصة بظروف التاكل .

2-8-3 المتطلبات الأضافيه لتعرض الخرسانة إلى الأنجماد والذوبان :

2-8-3-1 الخرسانة عادية الوزن و خفيفة الوزن تحت تأثير أنواع التعرض F2, F1 و F3 يجب أن تكون مقصودة الهواء (air-entrained) وبمحتوى هواء كما مبين في الجدول (2-1) و يكون مقدار التفاوت في محتوى الهواء بحدود (±1.5%) يسمح بتقليل محتوى الهواء المبين في الجدول (2-3) بمقدار (1%)عند استخدام خرسانة تزيد مقاومتها عن (35 نت/ مم^2).

جدول (2-3) محتوى الهواء الكلي للخرسانة المعرضة لدورات من الانجماد و الذوبان

المقاس ألاسمي الأقصى للركام (ملم)*	محتوى الهواء	
	التعرض من نوع (F1)	التعرض لنوع (F2, F3)
9.5	6	7.5
12.5	5.5	7.0
19.0	5.0	6.0
25.0	4.5	6.0
37.5	4.5	5.5

* لاحظ المواصفة ASTM C33 او أي مواصفة قياسية عراقية معتمده (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل للتفاوت المسموح للمقاسات الكبيرة لمختلف المقاسات الاسمية للركام.

2-8-3-2 يجب ان لا تتجاوز كمية البوزلانا التي تتضمن الرماد المتطاير و غبار السليكا و خبث الافران في الخرسانة المعرضة الى النوع (F3) الحدود المبينة في الجدول (2-4).

جدول (2-4) متطلبات الخرسانة المعرضة الى النوع (F3)

المواد السمنتية	اعلى نسبة وزنية لجميع المواد السمنتية
الرماد المتطاير او اي بوزلانا اخرى بموجب(ASTMC618) او أي مواصفة قياسية عراقية معتمده (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل	25
خبث الافران بموجب (ASTMC989) او أي مواصفة قياسية عراقية معتمده (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل	50
غبار السليكا بموجب (ASTMC1240) او أي مواصفة قياسية عراقية معتمده (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل	10
مجموع الرماد المتطاير او اي بوزلانا اخرى, خبث الافران و غبار السليكا او أي مواصفة قياسية عراقية معتمده (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل	50*
مجموع الرماد المتطاير او اي بوزلانا اخرى و غبار السليكا	35*
• يجب ان لا يزيد محتوى الرماد المتطاير و غبار السليكا عن 25% و 10% على التوالي من الوزن الكلي للمواد السمنتية	

2-8-4 بدائل المواد السمنتيه للخرسانة المعرضة للكبريتات:

2-8-4-1 يسمح باستخدام توليفة من مواد سمنتيه بديلة عن تلك المبينه في الجدول (2-2) وذلك عندما تلبي هذه البدائل متطلبات فحوص مقاومة الكبريتات وان تتوافق مع المعايير المبينة في الجدول (2-5).

(2-5) متطلبات المواد السمنتيه في الخرسانة المعرضة للكبريتات الذائبة في الماء

نوع التعرض	التمدد الأقصى استنادا إلى المواصفة ASTM او أي مواصفة قياسية عراقية معتمدة (ان وجدت) او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل		
	بعمر 6 أشهر	بعمر 12 أشهر	بعمر 18 أشهر
S1	% 0.1	......	......
S2	% 0.05	% 0.1	......
S3	......	......	% 0.1
يستخدم حد التمدد عند 12 شهر عندما يتجاوز التمدد المحسوب بعمر 6 أشهر العمر المسموح.			

الفصل الثالث
نوعية خلط ووضع الخرسانة
Concrete Quality, Mixing and Placing

1-3 مقدمة : (Introduction)

1-1-3 يجب أن يتم اختيار نسب خلط الخرسانةالإنشائية لتحقق المتطلبات التالية :

أ - معدل مقاومة الانضغاط (f'_{cr}) كما مشار اليه في الفقرة (3-3-2) كما و يجب إن تلبي معايير الديمومة بموجب الفصل الثاني.

ب - أن يكون تواتر نتائج فحوص الخرسانة المنتجة التي تقل مقاومتها عن (f'_c) في حدوده الدنيا و كما مشار اليه في الفقرة (3-6-3-3).

ج - ان لا تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة الإنشائية المستخدمة لإغراض هذه المدونة عن (17 نت/ مم^2).

2-1-3 يجب ان تكون متطلبات مقاومة الانضغاط للخرسانة الانشائية (f'_c) مبنية على نتائج فحوص نماذج من المكعبات او الأسطوانات التي تحضر وتفحص بموجب الفقرة (3-6-3).

3-1-3 تكون مقاومة الانضغاط (f'_c) مبنية على نتائج الفحوص للخرسانة بعمر (28) يوما ما لم يتم تثبيت عمر مغاير للفحص على المخططات أو المواصفات المعتمدة في التصميم.

4-1-3 ينبغي ان لا تعتمد مقاومة الشد الانشطاري لتقويم قبول الخرسانة في الحقل(field acceptance of concrete).

5-1-3 يجب ان تلبي الخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية متطلبات المواصفة العراقية ذات العلاقة (ان وجدت)او المواصفة الامريكية (ASTM-C1116) او اي مواصفة اخرى يعتمدها رب العمل. كما وينبغي ان لا تقل مقاومة الخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية عن المتطلبات الواردة في الفقرة (3-1-1).

2-3 اختيار نسب خلط الخرسانة:

1-2-3 يجب إن تحقق نسب المواد المستخدمة لإنتاج الخرسانة المتطلبات التالية:-

أ - قابليه تشغيل (workability) و قوام ملائم (consistency) يسمح للخرسانة بالتغلغل في القالب وحول حديد التسليح بدون حدوث انعزال (segregation) لمكونات الخرسانة بعضها عن بعض أو حدوث نضح مفرط (excessive bleeding)

ب - الإيفاء بمتطلبات كافة اصناف المؤثرات البيئيه التي تتعرض لها الخرسانة بموجب الفصل الثاني.

ج - تلبية متطلبات فحوص مقاومة الانضغاط الواردة في الفقرة (3-6) المتعلقة بتقييم وقبول الخرسانة.

2-2-3 عندما يتم استخدام مواد مختلفة لانتاج الخرسانة لصب أجزاء من العناصر الانشائية فيجب تقييم مختلف أنواع الخرسانة المستخدمة.

3-3 نسب الخلط بموجب الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية أو كليهما :

3-3-1 الانحراف المعياري للنماذج

3-3-1-1 يمكن احتساب الانحراف المعياري Ss عندما تتوفر لدى الجهة المنتجة للخرسانة نتائج فحوص مسجلة دوريا خلال فترة لا تتجاوز (12) شهرا. كما و يجب ان تتوفر في نتائج الفحوص التي استخدمت لاحتساب معامل الانحراف المعياري Ss ما يلي:

أ - أن تكون المواد التي أستخدمت لانتاج الخرسانة و طرق السيطرة النوعية التي أعتمدت لصب نماذج الخرسانة و الظروف الاخرى في سجل نتائج ال فحوص مماثلة الى المواد و طرق السيطرة النوعية التي ستعتمد لانتاج و صب نماذج الخرسانة المطلوبة.

ب - إن تمثل النتائج المثبتة في سجل الفحوص مقاومة الانضغاط المطلوبة للخرسانة المنتجة أو تمثل مقاومة انضغاط ضمن فروقات (± 7 نت/ مم^2) عن مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_c)

ج - يجب إن يتضمن سجل الفحوص ثلاثين فحصا" متعاقبا" على الأقل أو يتألف من مجموعتين من الفحوص المتعاقبة يكون مجموعهما ثلاثين فحصا" على الأقل كما هو مبين في الفقرة (3-6-2-3) ما عدا ما مذكور في الفقرة (3-3-1-2).

3-3-1-2 عندما لا تتوفر لدى الجهة المنتجة للخرسانة سجلات نتائج مستوفيه لمتطلبات الفقرة (3-3-1-1ج) الا انه توفر نتائج فحوص بعمر لا يزيد عن (12) شهرا وبأعداد تتراوح بين (29-15) فحصا متعاقبا عندئذ يمكن استخراج معامل الانحراف المعياري S_s كحاصل ضرب لمعامل الانحراف المعياري المحسوب على أساس عدد الفحوص المتوفرة مضخما بمعامل تضخيم كما مبين في الجدول(3-1).

جدول (3-1) معامل تضخيم الانحراف المعياري للنماذج عندما عدد النماذج المتوفرةاقل من 30 فحصا"

عدد الفحوص *	معامل تضخيم الانحراف المعياري للنماذج
أقل من15	يستخدم الجدول (3-3)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 او اكثر	1.00
*يتم اعتماد النسبة و التناسب لعدد الفحوص التي تقع ضمن الحدود المذكورة.	

3-3-2 معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة

3-3-2-1 يحسب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) الذي يعتبر الأساس لاختيار نسب الخلط بالاعتماد على الجدول (3-2) و يتم احتساب معامل الانحراف المعياري S_s بموجب الفقرتين (3-3-1-1) و (3-3-1-2).

جدول (3-2) معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عندما تكون قيمها محسوبة اعتمادا على الانحراف المعياري للنماذج

مقاومة الانضغاط المحددة نت/مم2	معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة نت/مم2
$f'c \leq 35$	تستخدم اكبر قيمة محسوبة من المعادلتين (3-1) و (3-2) (3-1)... $f'cr = f'c + 1.34\ S_s$ (3-2)... $f'cr = f'c + 2.33\ S_s - 3.5$
$f'c > 35$	تستخدم اكبر قيمة محسوبة من المعادلتين (3-1) و (3-3) (3-1)... $f'cr = f'c + 1.34\ S_s$ (3-3)... $f'cr = 0.9f'c + 2.33\ S_s$

3-3-2-2 عندما لا تتوفر لدى الجهة المنتجة للخرسانة نتائج فحوص حقليه لحساب معامل الأنحراف المعياري S_s المستوفي لمتطلبات الفقرة (3-3-1-1) أو الفقرة (3-3-1-2)عندئذ يجب حساب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) من الجدول (3-3) ويكون توثيق معدل مقاومة الانضغاط بموجب متطلبات الفقرة(3-3-3).

جدول (3-3) معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عند عدم توفر بيانات لاحتساب الانحراف المعياري للنماذج

مقاومة الانضغاط المحددة نت/مم2	معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة نت/مم2
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7.0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8.3$
$f'c > 35$	$f'cr = 1.10f'c + 5.0$

3-3-3 توثيق معدل مقاومة الانضغاط :

التوثيق المطلوب و الذي يؤمن نسب خلط الخرسانة المنتجة التي يجب أن تحقق معدل مقاومة انضغاط مساوية أو أكبر لمعدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) يجب ان يتألف من:

أ - سجل نتائج الفحوص الحقلية (الموقعية) لمقاومة الخرسانة أو
ب - سجلات نتائج متعددة لفحوص مقاومة الخرسانة أو
ج - الخلطات التجريبية.

3-3-3-1

أ -في حالة اعتماد سجل نتائج الفحوص لاحتساب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة ($f'cr$) بموجب الفقرتين (3-3-1-1) و (3-3-1-2) يجب ان تكون المواد المستخدمة لانتاج الخرسانة المطلوبة مماثلة للمواد المستخدمة في سجل الفحوص .

ب- لمتغيرات في المواد المستخدمة و الظروف المصاحبة و نسب الخلط التي يتضمنها سجل ال فحوص ينبغي ان تكون مشابهة قدر الامكان لتلك التي ستستخدم في العمل.

ج - لإغراض توثيق معدل المقاومة المتوقعة, يجب ان يشتمل سجل نتائج الفحوص على عشرة فحوص متعاقبة عندما يكون عدد الفحوص اقل من ثلاثين فحص او أن هذه الفحوص المسجلة تمت خلال فترة زمنية لا تقل عن(45) يوما.

د - نسب الخلط المطلوبة للخرسانة يمكن ان تؤسس بإجراء تناسب خطي (linear interpolation) بين قيم المقاومة و قيم نسب الخلط لسجلي فحصين أو أكثر من الفحوص التي ينبغي ان تلبي جميعها متطلبات الفقرة (3-3-3-1).

3-3-2 عند عدم توفر سجل معتمد لنتائج الفحوص الحقلية فينبغي ان تستوفي نسب خلط الخرسانة المستنبطة على أساس الخلطات التجريبية المتطلبات التالية:-

أ - استخدام المواد المجهزة في موقع العمل لإجراء الخلطات التجريبية.

ب - يجب ان تحقق نسب الخلط المستخدمة في الخلطات التجريبية مجالا لمقاومة الانضغاط يقع ضمنه معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة f 'cr ويحقق متطلبات الديمومة بموجب الفصل الثالث.

ج - يجب إن يكون هطول الخرسانة الطرية في الخلطات التجريبية ضمن الحدود المطلوبة في العمل.

د - يجب صب و معالجة ثلاثة مكعبات بقياس (150 ملم × 150 ملم×150ملم) او اسطوانتين بقياس (150 ملم ×300 ملم) أو ثلاثة اسطوانات بقياس (100ملم×200ملم)على الأقل لكل خلطة تجريبية.كما يتم فحص هذه النماذج بعمر (28) يوماً أو بالعمر المحدد للحصول على مقاومة الخرسانة المطلوبة($f'c$).

ه - ينبغي ان تستخدم نتائج مقاومة الانضغاط بالأعمار المطلوبة التي تم استخراجها من الخلطات التجريبية لاستنباط نسب الخلط لانتاج الخرسانة المطلوبة في العمل . كما و ينبغي ان تحقق الخلطة الخرسانية المقترحة معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة في الفقرة (3-3-2) و تلبي متطلبات الديمومة الواردة في الفصل الثاني.

3-4 نسب الخلط عند عدم توفر الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية:

3-4-1 في حالة كون المقاومة التصميمية للخرسانة لا تزيد عن (35 نت/مم^2) وعند عدم توفر البيانات المشار إليها في الفقرة (3-3) ، فأن نسب الخلط للخرسانة ينبغي ان تحدد اعتمادا على الخبرة و المعلومات المتوفرة بعد استحصال موافقة الجهة الأستشاريه .كما و يجب ان يكون معدل مقاومة الانضغاط(f'_{cr}) للخرسانة المنتجة باستخدام مواد مشابهة لتلك التي ستستخدم في العمل اكبر من المقاومة التصميمية المطلوبة f 'c بمقدار (8 نت/مم^2) على الاقل.

3-4-2 يجب إن تستوفي نسب الخلط متطلبات الديمومة بموجب الفصل الثاني و معايير فحص مقاومة الانضغاط المشار إليها في الفقرة (3-6).

3-5 تخفيض معدل مقاومة الانضغاط :

عند توفر بيانات مقاومة الانضغاط خلال تقدم العمل فيمكن تخفيض مقدار الزيادة في مقاومة الانضغاط (f'_{cr}) عن المقاومة التصميمية (f'_c) على ان يؤخذ بنظر الاعتبار ما يلي :-

أ - توفر نتائج 30 فحصا أو أكثر و ان يكون معدل نتائج الفحص (الذي احتسب باستخدام معامل الانحراف المعياري للنماذج أو المحسوب بموجب الفقرة (3-3-2-1) يتجاوز متطلبات الفقرة (3-3-1-1) أو

ب - توفر 15-29 فحصا" وأن يكون معدل نتائج الفحص (الذي احتسب باستخدام معامل الانحراف المعياري للنماذج أو المحسوب بموجب الفقرة (3-3-2-1) يتجاوز متطلبات الفقرة (3-3-1-2).

ج - و استيفاء متطلبات ظروف التعرض (Exposure Categories) بموجب الفصل الثاني.

6-3 تقييم و قبول الخرسانة:

1-6-3 يجب فحص الخرسانة بموجب متطلبات الفقرتين (3-6-2) الى (3-6-5). كما و يجب إن تجرى الفحوص على الخرسانة الطرية من قبل فنيون مؤهلون في موقع العمل. يتم تهيئة النماذج المطلوبة لاجراء فحوص المقاومة على ان يؤخذ بنظر الاعتبار ما يلي:

أ - تهيئة النماذج المطلوبة لغرض المعالجة تحت الظروف الموقعية (الحقلية) .

ب - تهيئة النماذج المطلوبة لغرض الفحص في المختبر.

ج - تسجيل درجة حرارة الخرسانة الطرية للنماذج التي سيتم فحصها.

2-6-3 تكرار الفحوص

1-2-6-3

أ - يتم أخذ العينات (Samples) لفحوص المقاومة لكل نوع من أنواع الخرسانة المستخدمة في اليوم الواحد بموجب الجدول (3-4) على ان لا يقل عدد العينات عن عينة و احدة في اليوم ايهما اكثر تكرارا.

جدول (3-4) تكرار العينات حسب مقاومة الخرسانة

مقاومة الخرسانة	تكرار العينات
≥C32/40	عينة لكل 10 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.
C28/35-C20/25	عينة لكل 25 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.
C12/15	عينة لكل 50 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.

ب - يتم أخذ العينات (Samples) لفحوص المقاومة لكل نوع من أنواع الخرسانة المستخدمة في اليوم الواحد بالاعتماد على نوع العناصر الانشائية أو المنشأت بموجب الجدول (3-5) على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة في اليوم ايهما اكثر تكرارا.

جدول (3-5) تكرار العينات حسب نوع المنشأ

نوع المنشأ	تكرار العينات
الاعمدة و العتبات	عينة واحدة لكل 10 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.
منشأت خزانات المياه (water retaining structures)	عينة واحدة لكل 25 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.
المنشأت الرئيسية من الخرسانة المسلحة	عينة واحدة لكل 50 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.
خرسانة كتلية غير مسلحة (mass concrete) ≥C16/20	عينة واحدة لكل 100 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.
خرسانة كتلية غير مسلحة (mass concrete) C <16/20	عينة واحدة لكل 200 م3 على ان لا يقل عدد العينات عن عينة واحدة باليوم.

2-2-6-3 في حالة كون حجم الخرسانة المجهزة للمشروع لا يسمح بالحصول على خمسة عينات على الاقل لكل نوع من انواع الخرسانة المستخدمة , فيتم انتخاب خمسة عينات بصورة عشوائية من وجبات

الخرسانة المجهزة. و في حالة كون كمية الخرسانة المجهزة لا تسمح بأنتخاب خمسة عينات فيتم أنتخاب عينة من كل وجبة من وجبات الخرسانة المجهزة.

3-2-6-3 يعرف نموذج الفحص (strength test) للعينة الواحدة (sample) بأنه النموذج الذي يتألف من معدل نتائج فحص المقاومة لا سطوانتين بمقاسات 150مم×300مم على الاقل أو معدل نتائج فحص المقاومة لثلاثة اسطوانات بمقاس 100مم×200مم على الاقل أو معدل نتائج فحص المقاومة لثلاث مكعبات بمقاس 150مم×150مم×150مم على الاقل تفحص بعمر (28) يوما أو بموجب العمر المحدد في المخططات و جداول الكميات.

3-6-3 نماذج المعالجة القياسية: (Standard-cured specimens)

1-3-6-3 يجب ان تؤخذ عينات نماذج فحوص المقاومة بموجب المواصفة العراقية النافذة او اي مواصفة اخرى ذات العلاقة يوافق عليها رب العمل.

2-3-6-3 يتم نمذجة و معالجة و فحص المكعبات والاسطوانات الخرسانية بموجب المواصفة العراقية او اي مواصفة عربية او عالمية ذات العلاقة تعتمدها الجهة المستفيدة.

3-3-6-3 تعتبر نتائج فحص المقاومة (strength test)لاي نوع من انواع الخرسانة المستخدمة مقبولة عند توفر المتطلبات التالية:

أ - يكون المعدل الحسابي (Arithmetic average) لنتائج ثلاثة فحوص متعاقبة (Three consecutive strength test) مساويا او يزيد عن مقاومة الانضغاط المطلوبة (*f'c*) لاحظ الفقرة (3-6-2-3).

ب - يجب ان لا تقل مقاومة الانضغاط لاي نموذج من نماذج فحوص المقاومة المشار اليها في الفقرة (3-6-2-3) عن (3.5 نت/مم^2) للخرسانة التي لا تزيد مقاومتها عن (35 نت/مم^2) وعن (0.1 *f'c*) للخرسانة التي تزيد مقاومتها عن (35 نت/مم^2).

4-3-6-3 في حالة تحقق متطلبات الفقرة (3-6-3-3) يجب اتخاذ التدابير لزيادة معدل نتائج مقاومة الانضغاط لنماذج الفحص (strength test)و عند عدم تحقق متطلبات الفقرة (3-6-3-3ب) فيتم اعتماد المتطلبات المذكورة في الفقرة (3-6-5).

4-6-3 النماذج المعالجة حقليا" : (Field-cured specimens)

1-4-6-3يجب توفير نتائج فحوصات المقاومة للنماذج المعالجة تحت الظروف الحقلية في حالة رغبة الجهة المشرفة إجراء هذه الفحوصات.

2-4-6-3 تجري الفحوصات المشار إليها في الفقرة (3-6-4-1) وفقا إلى المواصفات القياسية العراقية أو أي مواصفات عربية او عالمية ذات العلاقة و التي تعتمدها الجهة المشرفة.

3-4-6-3 تؤخذ النماذج المعالجة حقليا و تصب في القوالب في نفس وقت صب النماذج المعالجة مختبريا ومن نفس العينة.

4-4-6-3 يجب تحسين إجراءات الحماية و معالجة الخرسانة في حالة كون نتائج المقاومة للنماذج المعالجة حقليا" اقل من (85%) من نتائج المقاومة للعينات المعالجة مختبريا. أما إذا كانت مقاومة النماذج المعالجة تزيد عن(*f'c*) بأكثر من (3.5) نت/ملم2 عندئذ لا داعي لتطبيق حدود النسبة (0.85)

5-6-3 التحقق من القيم المنخفضة لنتائج فحص المقاومة:

1-5-6-3 أذا كانت اي من نتائج فحص المقاومة (3-6-2-3) لنماذج المعالجة المختبرية تقل عن ($f'c$) بمقدار يزيد عن القيم المثبتة في الفقرة (3-6-3-3- ب) أو إذا كانت نتائج فحوصات النماذج المعالجة حقليا" تؤشر عدم كفاية الحماية و المعالجة (3-6-4-4) في هذه الحالة يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة للتأكد من سعة المنشأ للتحمل غير معرضة للخطر (غير مهددة).

2-5-6-3 أذا ثبتت احتمالية أن الخرسانة منخفضة المقاومة و بينت الحسابات أن سعة التحمل قد تأثرت بشكل ملموس عندئذ يجب إجراء فحوصات اللباب (Core tests) لعينات تؤخذ من المنطقة المشكوك في تحملها. تجرى فحوصات اللباب بموجب المواصفات القياسية العراقية او اي مواصفات عربية او عالمية ذات العلاقة و التي تعتمدها الجهة المشرفة.
في مثل هذه الحالات تؤخذ ثلاثة نماذج (three cores) لكل فحص مقاومة يقل مقداره عن القيم المثبتة في الفقرة (3-6-3-3-ب).

3-5-6-3 تنقل نماذج فحص اللباب إلى المختبر في أوعية حاوية على الماء محكمة الغلق . وتفحص هذه النماذج بموجب المواصفات القياسية العراقية أو أي مواصفات عربية أو عالمية ذات العلاقة و التي تعتمدها الجهة المشرفة.
تفحص نماذج اللباب بعد مدة لا تقل عن (48) ساعة ولا تزيد عن سبعة أيام بعد إتمام الحصول عليها من الخرسانة المراد التأكد من مقاومتها.

4-5-6-3 تعتبر خرسانة المنطقة التي أخذت منها نماذج اللباب مقبولة من الناحية الإنشائية أذا كان معدل مقاومة الانضغاط لثلاثة نماذج لباب لا تقل عن ($0.85\ f'c$) على شرط أن لا تقل مقاومة الانضغاط لأي من هذه النماذج الثلاثة عن ($0.75\ f'c$). أما إذا كانت نماذج فحص اللباب المستخرجة من مناطق الخرسانة غير نظامية عندئذ يسمح بأخذ نماذج أضافية لغرض الفحص.

5-5-6-3 أذا لم تتحقق معايير الفقرة (3-6-5-4) و لم يتم التأكد من السلامة الإنشائية للخرسانة , فيمكن للجهات المخولة إن تطلب أجراء تقييما إنشائيا لمقاومة الخرسانة أو اتخاذ إجراءات أخرى مناسبة.

7-3 تهيئة المعدات و وضع الخرسانة :(Preparation of Equipment and Place of Deposit)

1-7-3 تتضمن التهيئة لصب الخرسانة الإجراءات التالية:
أ - أن تكون كافة معدات خلط و نقل الخرسانة نظيفة.
ب - يتم إزالة جميع المخلفات و الأوساخ و الأتربة و الجليد (إن وجد)من منطقة صب الخرسانة.
ج - يجب تزييت القوالب بصورة جيدة.
د - ينبغي ترطيب وحدات البناء المالئة (masonry filler units) بالماء و التي تكون بتماس مباشر مع الخرسانة.
ه - ينبغي تنظيف سطوح قضبان التسليح جيدا" من طبقات المواد الضارة.
و - ينبغي التخلص من المياه الموجودة في مواضع صب الخرسانة قبل المباشرة بعملية الصب ما لم يتم استخدام المعدات الخاصة بالصب تحت الماء (termite).
ز - ينبغي تنظيف سطوح الخرسانة المتصلبة من غثاء الخرسانة (laitance) و المواد الغريبة الأخرى قبل المباشرة بصب الخرسانة الإضافية الجديدة.

3-8 الخلط : (Mixing)

3-8-1 ينبغي خلط الخرسانة بشكل جيد لحين الحصول على خرسانة متجانسة و يجب ان تفرغ الخلطة تماما من حاوية الخلط (mixer) قبل تعبئتها بخلطة جديدة.

3-8-2 ينبغي ان تتم عملية خلط و نقل الخرسانة الجاهزة (ready mix concrete) وفقا لمتطلبات المواصفات العراقية أو إي مواصفة عربية أو عالمية تعتمدها الجهة المشرفة.

3-8-3 يجب أن تجري عملية خلط الخرسانة في الموقع وفقا لما يلي:

أ - يجري الخلط باستخدام خلاطات (batch mixers) ذات نوعية توافق عليها الجهة المشرفة.
ب - تكون سرعة دوران الخلاطة بموجب السرعة المحددة من قبل الشركة المصنعة.
ج - يستمر خلط الخرسانة لفترة لا تقل عن 1.5 دقيقة بعد ان يتم وضع جميع مواد الخلط في حاوية الخلط ما لم يتم اعتماد مدة خلط اقل تحقق متطلبات تجانس الخلطة الخرسانية الواردة في المواصفات العراقية او أي مواصفة عربية او عالمية تعتمدها الجهة المشرفة.
د - تجري أعمال المناولة و التعبئة و الخلط بموجب او اي مواصفة عربية او عالمية تعتمدها الجهة المشرفة.
ه - يجب تهيئة سجل لتوثيق ما يلي:

1. عدد الخلطات المنتجة.
2. نسب مواد الخلط المستخدمة.
3. الموقع التقريبي لمحل صب الخرسانة في الموقع.
4. وقت وتاريخ خلط و صب الخرسانة.
5. يمكن اعتماد الخلط على اساس النسب الوزنية كلما كان ذلك ممكناً.

3-9 نقل الخرسانة الطرية : (Conveying of Fresh Concrete)

3-9-1 ينبغي ايصال الخرسانة الى محل الصب النهائي بالطرق التي تمنع انفصال المواد او فقدانها.

3-9-2 يجب ان تكون معدات النقل لها القابلية على تأمين تجهيز الخرسانة الطرية الى موقع الصب بدون ان يحدث انفصال لمكوناتها و بدون انقطاعات زمنية بين دفعات الخلطات المتعاقبة لمنع فقدان لدونة و قابلية تشغيل الخرسانة الطرية.

3-10 صب الخرسانة الطرية : (Depositing of Fresh Concrete)

3-10-1 ينبغي وضع الخرسانة أثناء الصب في محل قريب من موقعها النهائي كلما امكن ذلك لتجنب انفصال مكوناتها نتيجة لانسيابها لو معالجتها يدويا.

3-10-2 ينبغي ان تجري عملية صب الخرسانة الطرية بوتيرة تحافظ على استمرارية لدونتها (طراوتها) لتتغلغل في الفراغات بين قضبان حديد التسليح بشكل انسيابي.

3-10-3 لا يجوز أستخدام الخرسانة المعاد تطريتها أو تلك التي اعيد خلطها بعد مرور فترة التصلب الابتدائي الا بموافقة الجهة المشرفة.

3-10-4 ينبغي ان تستمر عمليات صب الخرسانة دون توقف لحين أكمال صب منطقة مع ينة معرفة بحدودها أو حددت مسبقا بفواصل و يستثنى من ذلك ما هو محدد بالفقرة الخاصة بالمفاصل الأنشائية بالمدونة العراقيه.

3-10-5 ينبغي ان تكون السطوح العلوية للرافعات (lifts) الشاقولية لخرسانة المصبوبة و داخل القوالب مستوية بشكل عام.

3-10-6 عند الحاجة الى أستخدام فواصل أنشائية , فيتم تنفيذها بموجب الفقرة بالفقرة الخاصة بالمفاصل الأنشائية بالمدونة العراقية.

3-10-7 يجب ان ترص الخرسانة الطرية بصورة جيدة باتب اع طرق مناسبة خلال عملية الصب بحيث تتغلغل الخرسانة في الفراغات بين قضبان حديد التسليح و الأجزاء المطمورة و عند أركان القوالب.

3-11 معالجة الخرسانة (الاماهة) : (Curing)

3-11-1 يجب أن تبقى الخرسانة رطبة لمدة لا تقل عن سبعة ايام وأن لا تقل درجة الحرارة خلال هذه المدة عن (10°م) و يستثنى من ذلك الخرسانة التي تحقق مقاومة عالية مبكرا(high-early strength) .

3-11-2 يجب ان تبقى الخرسانة التي تحقق مقاومة عالية مبكرا (high-early strength) بحالة رطبة لمدة لا تقل عن ثلاثة ايام على الاقل وان تكون درجة الحرارة خلال هذه المدة اعلى من (10°م) ما لم يتم المعالجة بموجب متطلبات الفقرة (3-11-3).

3-11-3 المعالجة المعجلة (accelerated curing)

3-11-3-1 لتسريع اكتساب المقاومة و تقليل فترة المعالجة ، يسمح بأستخدام الوسائل التالية:
- أ - المعالجة بالبخار عالي الضغط.
- ب - المعالجة بالبخار تحت الضغط الجوي.
- ج - المعالجة بالحرارة و الرطوبة.
- د - اي وسائل أخرى مقبولة.

3-11-3-2 عند مرحلة تحميل معينة , يجب أن يحقق المعالجة المعجلة للخرسانة مقاومة انضغاط لا تقل عن المقاومة التصميمية المطلوبة لتلك المرحلة.

3-11-3-3 يجب أن تؤمن عملية المعالجة المعجلة متطلبات ديمومة مكافئة لمتطلبات الديمومة المشار اليها في الفقرتين (3-11-1) و (3-11-2).

3-12 متطلبات الصب في الطقس البارد : (Cold Weather Requirements)

3-12-1 يجب تأمين المعدات المناسبة لتسخين مكونات خلط الخرسانة و حماية الخرسانة أثناء الانجماد أو عندما يكون الطقس قريبا من حالة الانجماد.

3-12-2 يجب أن تكون مكونات الخرسانة و قضبان التسليح و القوالب و المواد المالئة و الارض الملامسة للخرسانة خالية من الجليد.

3-12-3 يجب عدم أستخدام المواد المتجمدة أو تلك الحاوية على قطع الثلج.

13-3 متطلبات الصب في الطقس الحار : (Hot Weather Requirements)

إثناء الاجواء الحارة , ينبغي أيلاء عناية خاصة لمكونات الخرسانة و طرق انتاجها و مناولتها و صبها و حمايتها و معالجتها لمنع حدوث ارتفاع ملموس في درجة حرارة الخرسانة أو تبخر الماء منها , هذه الامور قد تؤثر سلبا على المقاومة و المتطلبات الخدمية للعناصر و المنشات الخرسانية.

الفصل الرابع
القوالب، الاجزاء المطمورة، المفاصل الانشائية وتفاصيل حديد التسليح
Formwork, Embedment, Construction Joints and Reinforcement Details

4-1 تصميم القوالب : (Design of Formwork)

4-1-1 يجب ان تصمم القوالب بحيث تعطي الشكل النهائي للمنشأ الذي يتلائم مع الاشكال والمحاور ومقاسات العناصر الانشائية كما هو مثبت في المخططات التصميمية والمواصفات.

4-1-2 يجب أن تكون القوالب متينة جيدة الاحكام بحيث تمنع تسرب المونة.

4-1-3 يجب أن تكون القوالب مدعمة بصورة جيدة ومربوطة مع بعضها البعض بحيث تحافظ على موقعها وشكلها.

4-1-4 يجب أن تصمم القوالب ومساندها بحيث لا تلحق ضرراً بأجزاء المنشأ المنفذ سابقاً.

4-1-5 عند تصميم القوالب يجب اخذ العوامل التالية بنظر الاعتبار:
- أ - معدل تجهيز وطريقة صب الخرسانة.
- ب - الأحمال المسلطة أثناء التنفيذ شاملة الأحمال الشاقولية والافقية واحمال الصدم.
- ج - المتطلبات الخاصة بقوالب المنشآت القشرية والصفائح المطوية والقباب والخرسانة المستخدمة للأغراض المعمارية والعناصر المشابهة الاخرى.

4-2 رفع القوالب والمساند واعادة الاسناد : (Removal of Forms, Shores and Reshoring)

4-2-1 رفع القوالب (Removal of Forms)

يجب رفع القوالب بطريقة لا تؤثر على الاداء الوظيفي للمنشأ من حيث التحمل والاستخدام. كما ويجب ان تكون الخرسانة المعرضة (Exposed Concrete) ذات مقاومة كافية لمنع حدوث اضرار فيها اثناء رفع القوالب.

4-2-2 رفع المساند واعادة الاسناد (Removal of Shoring and Reshoring):

الاشتراطات الواردة في الفقرات (4-2-2-1) الى (4-2-2-2) تطبق على البلاطات و العتبات ماعدا تلك التي تصب مباشرة على الارض.

4-2-2-1 يكون المتعهد بالتنفيذ مسؤولاً عن وضع خطة عمل للكيفية التي يتم بها رفع الاسناد عن القوالب واعادته كما ويكون مسؤولاً عن تقديم حسابات الاحمال التي ستنتقل الى المنشأ اثناء رفع و اعادة اسناد القوالب على ان يتم تنفيذ ذلك بموجب ما يلي:
- أ - يقوم المتعهد بالتنفيذ بتقديم التحليل الانشائي وبيانات مقاومة الانضغاط للخرسانة التي ستستخدم للتهيئة لرفع القوالب والاسناد عند طلب رب العمل ذلك.
- ب - لا يجوز اسناد احمال التشييد او رفع الاسناد عن اي جزء من اجزاء المنشأ تحت التنفيذ ما لم يكتسب ذلك الجزء من المنشأ مع الاجزاء الاخرى المكملة له و نظام اسناده المقاومة الكافية (Sufficient Strength) لاسناد وزنه الذاتي واحمال التشييد الاخرى المسلطة عليه.

ج - يتم التأكد من التحمل الكافي للمنشأ باستخدام التحليل الانشائي تحت تأثير الاحمال المفترضة وتحمل القوالب وانظمة الاسناد ومقدار مقاومة الخرسانة . ويتم التحقق من مقدار مقاومة الانضغاط للخرسانة باعتماد فحوصات لنماذج اسطوانية او مكعبات من الخرسانة مُعالجة حقلياً او بطرق اخرى شرط موافقة الجهة المستفيدة.

3-4 الاجزاء المطمورة في الخرسانة : (Embedment in Concrete)

1-3-4 يسمح بطمر مختلف المواد المصنعة من مواد غير ضارة في الخرسانة بموجب متطلبات هذه الفقرة شرط عدم اعتبارها كبديل انشائي للخرسانة المزاحة.

2-3-4 يجب ان يغلف اي جزء مطمور في الخرسانة مصنوع من الالمنيوم لمنع تفاعله مع الخرسانة او لمنع الفعل الالكتروليتي (Electrolytic Action) بين الالمنيوم والحديد.

3-3-4 يجب ان لا تؤثر الانابيب والمقاطع الفولاذية وكافة الاجزاء المطمورة والتي تمتد داخل العناصر الانشائية كالبلاطات والجدران والعتبات على مقاومة هذه العناصر تأثيراً كبيراً.

4-3-4 يجب ان لا تزيح القنوات والانابيب ومثبتاتها التي تمتد داخل العمود اكثر من (4%) من مساحة مقطعه العرضي الذي اعتمد في حساب المقاومة او المقطع اللازم للحماية من الحريق.

5-3-4 يجب ان تخضع الانابيب والقنوات المثبتة داخل العناصر الخرسانية (عدا العابر منها فحسب) ان للشروط التالية:

أ - يجب ان لا يزيد البعد الخارجي للجزء المطمور عن (1/3) سمك البلاطة او الجدار او العتبة المطمور داخلها.

ب - يجب ان لا تقل المسافة بين محاور الاجزاء المطمورة عن ثلاثة امثال قطرها او عرضها.

ج - يجب ان لا تؤثر الاجزاء المطمورة على متانة التشييد تأثيراً كبيراً.

6-3-4 يمكن اعتبار الانابيب والقنوات المطمورة في الخرسانة كبديل انشائي للخرسانة المزاحة عندما تكون تحت تأثير اجهادات الضغط اذا توفر ما يلي:

أ - اذا لم تكن معرضة للصدأ او اي ضرر آخر.

ب - ب- اذا كانت مصنوعة من الحديد المغلون او غير المغلف او من الفولاذ بحيث لا يقل سمكها عن سمك الانابيب الفولاذية الواردة في الجدول القياسي (40).

ج - ج- ان لا يزيد قطرها الداخلي الاسمي عن (50مم) ولا تقل المسافة بين محاورها عن ثلاثة امثال قطرها.

4 3 7 تصمم الانابيب ومثبتاتها لتقاوم تأثيرات المواد والضغط والحرارة التي ستتعرض لها.

8-3-4 لا يجوز امرار اي سائل او غاز او بخار في الانابيب المطمورة ما لم تكتسب الخرسانة مقاومتها التصميمية ويستثنى من ذلك الماء الذي لا تتجاوز درجة حرارته (32°م) وضغطه (0.35) ميكاباسكال.

9-3-4 توضع الانابيب المطمورة في البلاطات المصمتة (Solid Slabs) بين التسليح العلوي والسفلي ما لم تستعمل هذه الانابيب لاغراض التسخين بالحرارة الاشعاعية او اذابة الثلج.

10-3-4 يجب ان لا يقل الغطاء الخرساني للانابيب والقنوات ومثبتاتها عن (40مم) للخرسانة المعرضة للظروف الجوية او الملامسة للتربة، ولا يقل عن (20مم) في حالة تعرض الخرسانة لمثل هذه الظروف.

4-3-11 تستخدم قضبان تسليح بمساحة لا تقل عن (0.002) من مساحة المقطع الخرساني بشكل متعامد مع الانابيب.

4-3-12 يجب ان تُشكّل وتثبت الانابيب والقنوات المطمورة بطريقة لا تؤدي الى قطع وثني او ازاحة قضبان التسليح من مواقعها.

4-4 المفاصل الإنشائية : (Construction Joints)

4-4-1 ينبغي تنظيف سطوح المفاصل الانشائية وازالة غثاء الخرسانة او القشرة السمنتية (Laitance).

4-4-2 ينبغي ترطيب المفاصل الانشائية وازالة الماء المتجمع فيها مباشرة قبل صب الخرسانة الجديدة.

4-4-3 يجب تنفيذ واختيار مواقع المفاصل الانشائية بحيث لا تؤثر سلباً على مقاومة المنشأ ومن الضروري اتخاذ التدابير اللازمة لنقل قوى القص والقوى الاخرى خلال هذه المفاصل.لاحظ الفقرة (8-5-9)

4-4-4 ينبغي ان تكون مواقع المفاصل الانشائية في البلاطات والعتبات ضمن وسط ثلث الفضاء.

4-4-5 تنفّذ المفاصل الانشائية في الروافد بمسافة دُنيا لا تقل عن ضعفي عرض العتبات القاطعة لها.

4-4-6 يجب ان لا تصب العتبات والروافد والبلاطات المستندة على اعمدة او جدران ما لم تتصلب خرسانة العناصر الشاقولية الساندة.

4-4-7 يجب ان تصب العتبات (Beams) والروافد (Girders) والاكتاف (Haunches) والالواح المتدلية (Drop Panels) وقبعات القص (Shear Caps) وتيجان الاعمدة (Capitals) في وقت واحد مع السطحات (Slab System) ما لم يذكر خلاف ذلك في المخططات التصميمية والمواصفات.

4-5 تفاصيل حديد التسليح: (Details of Reinforcement)

4-5-1 العكفات القياسية: (Standard Hooks)

يقصد بمصطلح (العكفة القياسية) المستعملة في هذه المدونة احد التعاريف التالية:

4-5-1-1 ثني القضبان بزاوية (180°) درجة مع امتداد مقداره (4db) على ان لا يقل هذا الامتداد عن (65 مم) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-5-1-2 ثني القضبان بزاوية (90°) درجة مع امتداد مقداره (12db) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-5-1-3 عكفات الاطواق (stirrups) و الرباطات المستعرضة (lateral ties).

أ - قضبان بقطر (16مم) واقل: ثني القضبان بزاوية (90) درجة مع امتداد مقداره (6db)عند النهايات الحرة للقضبان ؛ أو

ب - قضبان بقطر (25) و (22) و (20مم) و اقل: ثني القضبان بزاوية (90) درجة مع امتداد مقداره (12db)عند النهايات الحرة للقضبلن.

ج - قضبان بقطر (25مم) واقل: ثني القضبان بزاوية (135) درجة مع امتداد مقداره (6db)عند النهايات الحرة للقضبان.

4-5-2 الاقطار الدنيا للثني (Minimum bend diameters)

4-5-2-1 يبين الجدول (3-1) الاقطار الدنيا لثني القضبان مقاسة من الوجه الداخلي لها ، باستثناء قضبان الاطواق و الرباطات المستعرضة.

جدول (4-1) الاقطار الدنيا للثني القضبان

مقاس القضبان مم	القطر الادنى للثني
25-10	$6d_b$
35-30	$8\ d_b$
56-42	$10\ d_b$

4-5-2-2 يجب ان لا يقل القطر الداخلي لعكفات الاطواق و الرباطات المستعرضة لاقطار لا تزيد عن (16مم) عن (4db) اما للقضبان التي يزيد قطرها عن (16 مم) ، فأن قطر الثني لها يكون بموجب ما ورد في الجدول (3-2).

جدول (4-2) الاقطار الدنيا لثني الاطواق و الرباطات المستعرضة

مقاس القضبان مم	القطر الادنى للثني
16-10	$4\ d_b$
25-18	$6\ d_b$
35-30	$8\ d_b$
42-56	$10\ d_b$

4-5-2-3 يجب ان لا يقل القطر الداخلي للثني في اسلاك التسليح الملحومة المستخدمة للأطواق و الرباطات المستعرضة عن 4db.

4-5-3 ثني القضبان : (Bending)

4-5-3-1 يجب ان تثنى قضبان التسليح بدون تسخين ما لم يتم الموافقة على ذلك من قبل الجهات التصميمية المختصة.

4-5-3-2 يجب ان لا يتم ثني القضبان المغمورة جزئيا (partially embedded) في الخرسانة موقعيا ما لم يسمح بذلك في المخططات التصميمية او يتم استحصال موافقة الجهات التصميمية المختصة.

4-5-4 مظهر سطح حديد التسليح (Surface Conditions of Reinforcement)

4-5-4-1 عند صب الخرسانة ، يجب ان يكون سطح حديد التسليح خاليا من الاطيان و الزيوت أو أي طلاء غير معدني يؤدي الى تقليل الترابط مع الخرسانة . و يسمح بطلاء القضبان بمادة الايبوكسي بموجب المواصفات المثبتة في المدونة العراقية للخرسانة الإنشائية.

4-5-4-2 يمكن قبول قضبان حديد التسليح التي يكون على سطحها صدأ أو قشور ناتجة عن الدلفنة في الصنع (mill scale) او كلاهما، شريطة ان تكون الابعاد الدنيا (بما فيها ارتفاع الحزوز مطابقة لما جاء في مواصفات ASTM ذات العلاقة).

4-5-5 وضع وتثبيت حديد التسليح (placing of reinforcement)

4-5-5-1 يجب تثبيت حديد التسليح و حديد سبق الاجهاد و قنوات سبق الاجهاد اللاحق في مواقعها بدقة و ان تسند بشكل جيداً قبل صب الخرسانة كما يجب تأمين مواقعها بحيث تكون الازاحة ضمن التفاوتات المسموحة في الفقرتين (4-5-5-1-1) و (4-5-5-1-2).

4-5-5-1-1 تكون التفاوتات المسموحة للعمق الفعال (d) و الحد الادنى للغطاء الخرساني في العناصر المعرضة للانحناء و الانضغاط و الجدران بموجب ما مثبت في الجدول ادناه:

العمق الفعال (مم)	التفاوت المسموح للعمق الفعال (مم)	التفاوت المسموح للحد الادنى لغطاء الخرسانة (مم)
d≤200	±10	-10
d>200	±13	-13

كما ان التفاوت المسموح للحد الادنى لغطاء الخرسانة يجب ان لا يتجاوز ثلث سمك الغطاء الخرساني المثبت في المخططات التصميمية و المواصفات الفنية الخاصة بالمشروع.

4-5-5-1-2 التفاوتات المسموحة بالمواقع الطولية للثني ونهايات حديد التسليح تكون بمقدار ±50 مم عدا النهايات الطرفية للكتائف (corbels) حيث تكون السماحات بمقدار (±30) مم و تكون السماحات في النهايات النهايات الطرفية لبقية العناصر بمقدار (±25) مم، كما يجب استخدام سماحات غطاء الخرسانة المثبتة في (4-5-5-1-1) للنهايات الطرفية للعناصر الخرسانية.

4-5-5-2 لا يسمح بلحام القضبان المتقاطعة عند تجميع التسليح الا بموافقة الجهات التصميمية المختصة.

4-5-6 حدود التباعد لحديد التسليح (Spacing Limits for Reinforcement)

4-5-6-1 يجب ان لا تقل المسافة الصافية بين قضبان التسليح المتوازية في الطبقة الواحدة عن قطر القضيب (db) أو عن (25) ايهما اكبر مع ملاحظة متطلبات الفقرة (2-3-2).

4-5-6-2 في حالة توزيع قضبان حديد التسليح المتوازية على طبقتين أو اكثر، فيجب تثبيت قضبان التسليح في الطبقات العليا مباشرة فوق قضبان التسليح في الطبقات السفلى مع تأمين مسافة صافية بين الطبقات لا تقل عن(25 م).

4-5-6-3 يجب ان لا تقل المسافة الصافية بين قضبان التسليح الطولية لأعضاء الانضغاط المحلزنة او المطوقة (spiral and tied compression members) عن (1.5db) او عن (40 مم) ايهما اكبر مع مراعاة متطلبات الفقرة (2-3-2).

4-5-6-4 تطبق حدود المسافة الصافية بين قضبان التسليح على المسافات الصافية بين وصلات التراكب او الوصلات المتماسة و المتجاورة وكذلك القضبان.

4-5-6-5 يجب ان لا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الرئيسية لمقاومة الانحناء في الجدران و البلاطات ما عدا الروافد الثانوية (joist) الخرسانية عن ثلاثة امثال سمك الجدار أو البلاطة او(450 مم) ايهما اقل.

4-5-6-6 حزم القضبان (Bundled Bars)

4-5-6-6-1 يجب ان لا يزيد عدد القضبان المتوازية و المتماسة في الحزمة التي تعمل كمجموعة واحدة عن (4) قضبان.

4-5-6-6-2 ينبغي ان تحاط حزم القضبان بأطواق (stirrups) أو رباطات مستعرضة (ties).

4-5-6-6-3 لا يجوز استخدام الحزم في العتبات المسلحة بقضبان يزيد قطرها عن (32 مم).

4-5-6-6-4 في عناصر الانحناء المسلحة بحزم القضبان يتم ايقاف قضبان التسليح المفردة ضمن الحزم في مواقع مختلفة من فضاء العنصر وبمسافات ايقاف لا تقل عن (40db).

4-5-6-6-5 عندما تكون متطلبات حدود التباعد (spacing limitation) و غطاء الخرسانة مبنية على اساس قطر القضبان فينبغي معملة حزم القضبان كقضيب مفرد ذو قطر مكافئ لمساحات قضبان الحزمة.

4-5-7 خرسانة الحماية لحديد التسليح (Concrete Protection for Reinforcement)

4-5-7-1 الخرسانة المصبوبة موقعيا (Cast-in-place concrete)

يجب ان يكون الحد الادنى لغطاء الخرسانة لحماية حديد التسليح كما في ادناه، عدا الحالات التي يتطلب فيها غطاء حماية أكبر وفقا للفقرتين (4-5-7-4) أو (4-5-7-6):

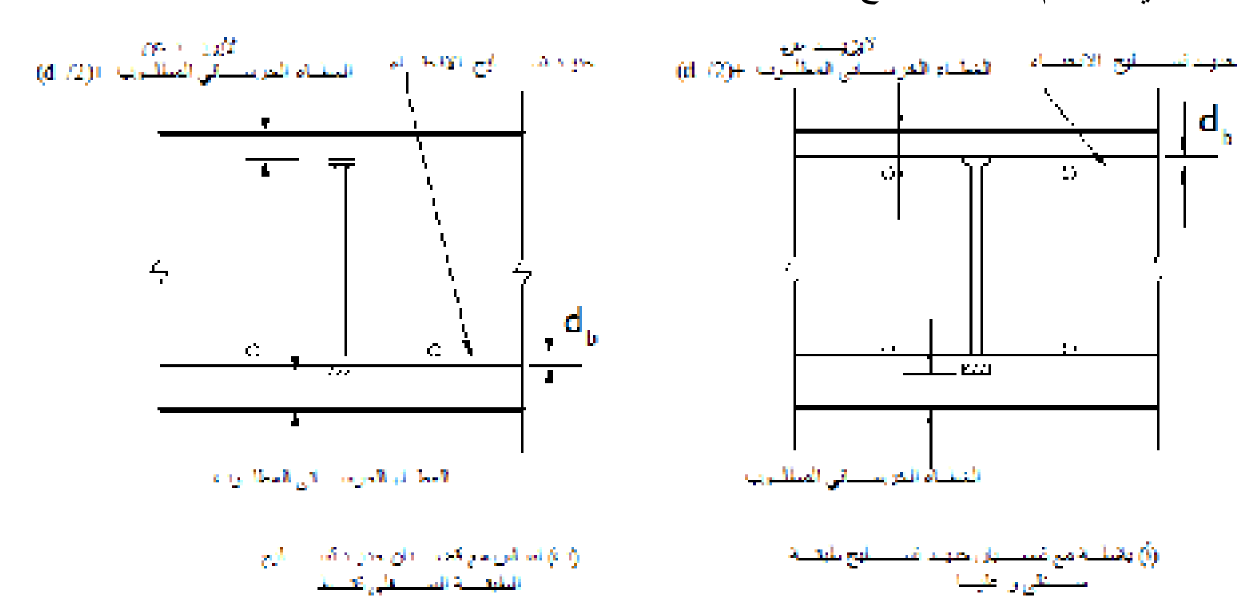
	الحالة	**سمك غطاء الخرسانة (مم)**
1	الخرسانة المصبوبة على التربة مباشرة او على تماس دائم معها	75
2	الخرسانة المعرضة للتربة والعوامل الجوية	
	قضيب قطر 18مم الى قطر57مم	50
	قضيب قطر 16مم او اصغر اواسلاك صنف MD200 MW200	40
3	الخرسانة غير المعرضة للعوامل الجوية أو غيرالملامسة للتربة	
	البلاطات والجدران و الروافد الثانوية (joists)	
	قضبان قطر 43 مم و قطر 57مم	40
	قضبان قطر 36 مم و أصغر	20
	العتبات والاعمدة (beams and columns)	
	التسليح الرئيسي ، الاطواق ، التسليح الحلزوني (spirals) و الرباطات المستعرضة	40
	الأعضاء القشرية و الصفائح المطوية(Shells, folded plate members)	
	قضبان قطر 18 مم واكبر	20
	قضبان قطر 16مم او اصغر اواسلاك صنف MD200 MW200	13

2-7-5-4 حزم القضبان (Bundled bars)

يجب ان لا يقل سمك غطاء الحماية لحزم القضبان عن القطر المكافئ لمساحات قضبان الحزمة على ان لا يزيد عن (50مم) إلا في حالة الخرسانة المصبوبة على التربة مباشرة او على تماس دائم معها فأن غطاء الحماية يجب ان لا يقل عن (75مم).

3-7-5-4 أوتاد تسليح القص (shear stud reinforcement)

يجب ان لا يقل غطاء الخرسانة لحماية أوتاد القص عن ما هو مطلوب لتغطية حديد تسليح العنصر الذي يستخدم فيه أوتاد تسليح القص.



شكل (4-1) متطلبات الغطاء الخرساني لاوتاد تسليح القص

4-7-5-4 الخرسانة المعرضة الى بيئة تأكل قاسية (Concrete Exposed to Corrosive Environments)

يجب زيادة سمك غطاء الخرسانة بصورة مناسبة عند تعرض الخرسانة الى ظروف بيئية قاسية بموجب اصناف التعرض الواردة في الفصل الثاني من هذه المدونة.

5-7-5-4 الاضافات المستقبلية (Future Extensions)

يجب حماية حديد التسليح و الاجزاء المغروسة (inserts) و الالواح المخصصة للربط مع الاضافات المستقبلية من ظروف التأكل.

6-7-5-4 الحماية من الحريق (Fire Protection)

عند التعرض الى الحريق يجب اعتماد سمك الغطاء الخرساني يزيد عن ما ورد في الفقرات (4-5-7-1) الى (4-5-7-5).

8-5-4 تفاصيل حديد التسليح للاعمدة (Reinforced Details for Columns)

4-5-8-1 القضبان المكسحة (Offset Bars)

يجب ان تستوفي القضبان الطولية المثنية المزاحة ما يلي:

أ - لايزيد ميل الجزء المائل للقضيب المكسح عن محور العمود النسبة (1/6)

ب - يجب ان تكون اجزاء القضيب الواقعة فوق و تحت الجزء المكسح المائل موازية لمحور العمود .

ج - يجب توفير اسناد مناسب في منطقة تكسيح القضبان بأستخدام رباطات مستعرضة او تسليح حلزوني تصمم لمقاومة (1.5) المركبة الافقية للقوة المحسوبة في الجزء المائل من القضيب المكسح، هذه الرباطات المستعرضة او التسليح الحلزوني يجب ان يوضع بمسافة لا تزيد عن (1.5مم) عن نقاط الثني.

د - ينبغي ان تثنى القضبان المكسحة قبل وضعها في القالب كما ورد في الفقرة (4-5-3).

ه - لا تكسح القضبان الطولية جانبا اذا كانت ازاحة وجه العمود تزيد عن (75مم) في هذه الحالة يجب استخدام قضبان منفصلة (Separate Dowels) .

4-5-8-9 مناطق الاتصال (Connections)

أ - في مناطق الارتباط للعناصر الرئيسية للهيكل الأنشائي (كالأعمدة و العتبات) يجب أن يكون تطويق وصلات تراكب التسليح المستمر و نقاط تثبيت التسليح الذي يتوقف المنتهي عند مناطق الاتصل.

ب - ينبغي ان يتحقق التطويق في مناطق الأتصال بأستخدام خرسانة اضافية (Concrete External) او باستخدام رباطات مستعرضة مغلقة (Closed Ties) او حديد حلزوني او اطواق حديدية.

4-5-9 حديد التسليح المستعرض لعناصر الأنضغاط

يجب ان يستوفي التسليح المستعرض لاعضاء الانضغاط لمتطلبات الفقرتين (4-5-9-1) و (4-5-9-2) في حالة الحاجة الى تسليح القص اواللي فيجب استيفاء متطلبات الفصل السادس من هذه المدونة.

4-5-9-1 التسليح الحلزوني (Spiral) :

يجب ان يستوفي التسليح الحلزوني لعناصر الانضغاط المتطلبات التالية:

4-5-9-1-1 يجب ان يتكون التسليح الحلزوني من قضبان أو اسلاك موزعة بمسافات متساوية وان تكون ذات مقاس و طريقة تجميع تسمح بالمناولة و الوضع دون تشويه الابعاد التصميمية.

4-5-9-1-2 يجب ان لا يقل قطر التسليح الحلزوني المستعمل عند التنفيذ بطريقة الصب ألموقعي عن (10 مم).

4-5-9-1-3 يجب ان لا تتجاوز المسافة الصافية بين لفات التسليح الحلزوني عن (75 مم) ولا تقل عن (25 مم)، مع ملاحظة الفقرة (2-3-2).

4-5-9-1-4 يجب توفير مسافة تثبيت عند كل نهاية التسليح الحلزوني بمقدار (1.5) لفة اضافية لقضيب او تسليح السلك الحلزوني.

4-5-9-1-5 يجب توفير وصلات في التسليح الحلزوني في حالة الحاجة اليها كما يلي:

أ - لا يقل طول وصلات التراكب عن (300مم) او الطول المذكور في احدى النقاط الخمسة الأتية ايهما اكبر:

قضيب أو سلك محزز غير مطلي.	48d
قضيب أو سلك املس غير مطلي.	72d
قضيب أو سلك مطلي بمادة الأيبوكسي .	72d
قضيب أو سلك املس غير مطلي ذو عكفة قياسية بموجب متطلبات العكفات القياسية للرباطات و الاطواق (stirrups & tie) بموجب متطلبات الفقرة (4-5-1-3) عند نهايات التسليح المتراكب الحلزوني . يجب تثبيت العكفة القياسية ضمن اللب الخرساني المحصور ضمن التسليح الحلزوني.	48d
قضيب أو سلك محزز مطلي ذو عكفة قياسية بموجب متطلبات العكفات القياسية للرباطات و الاطواق (stirrups & tie) بموجب متطلبات الفقرة (4-5-1-3) عند نهايات التسليح المتراكب الحلزوني . يجب تثبيت العكفة القياسية ضمن اللب الخرساني المحصور ضمن التسليح الحلزوني.	48d

ب - استخدام وصلات ملحومة او مثبتة ميكانيكيا بموجب متطلبات الفصل (9-12-3) في المدونة العراقية للخرسانة الانشائية.

4-5-9-1-6 يجب ان يمتد التسليح الحلزوني من اعلى الاساس أو البلاطة في اي طابق الى مستوى ادنى تسليح افقي للعناصر المسندة على العمود.

4-5-9-1-7 عندما لا ترتبط العتبات او الكتائف مع جميع جوانب العمود فعندئذ يجب ان تمتد الرباطات المستعرضة فوق مستوى نهاية التسليح الحلزوني و الى اسفل البلاطة او اللوح التدلي (drop panel) او قبعة القص (Shear Cap).

4-5-9-1-8 يجب ان يمتد التسليح الحلزوني في الاعمدة ذات التيجان (Column Capital) الى المستوى الذي يصبح فيه قطر أو عرض تاج العمود مساو الى ضعفي قطر أو عرض العمود.

4-5-9-1-9 يجب تثبيت الحديد الحلزوني في موقعه و ان تكون على استقامة واحدة و بدقة كبيرة.

4-5-9-2 الرباطات (Ties)

يجب ان يستوفي تسليح الرباطات المستعرضة (Lateral Ties) في اعضاء الانضغاط المتطلبات التالية:

4-5-9-2-1 يجب تطويق كافة القضبان برباطات مستعرضة لا يقل قطرها عن (10 مم) عندما يكون قطر القضبان الطولية(32مم) أو اصغر، وان تكون بقطر لا يقل عن (12مم) عندما يكون قطر القضبان الطولية (36مم) و(43مم) و(57مم) وكذلك لحزم القضبان الطولية . كما يمكن استعمال الاسلاك المحززة او مشبكات سلكية ملحومة ذات المساحة المكافئة .

4-5-9-2-2 مسافات التباعد الشاقولية بين الرباطات المستعرضة لا تتجاوز القيمة الدنيا من المحددات التالية:

أ - 16مرة قطر قضبان التسليح الطولية.
ب - 48 مرة قطر الرباطات او الاسلاك المستعرضة.
ج - البعد الادنى لمقطع عنصر الانضغاط.

4-5-9-2-3 يجب مراعاة المحددات التالية عند ترتيب الرباطات المستعرضة ضمن مقطع عنصر الانضغاط:

أ - تعتبر القضبان الطولية مسندة بربطات مستعرضة عندما تكون الزاوية بين فرعي الرباط المستعرض المحيط بالقضيب الطولي لا تزيد عن (135 درجة).

ب - يجب توفير مسند عرضي لجميع القضبان الطولية في الاركان و القضبان الطولية الاخرى على التناوب.

ج - يجب ان لا يبعد اي قضيب غير مسند عن القضيب الطولي المسند بالرباطات المستعرضة بمسافة تزيد عن (150 مم).

د - يسمح باستخدام رباط مفرد على شكل دائرة كاملة عندما تكون القضبان الطولية موزعة على محيط دائري.

4-5-9-2-4 يجب ان لا تبتعد الرباطات المستعرضة عن السطح العلوي للأساس او البلاطة في في اي طابق بمسافة شاقولية تزيد عن نصف مسافة التباعد بين الرباطات المستعرضة كما و يجب ان لا تبتعد عن مستوى ادنى تسليح افقي طولي بمسافة تزيد عن نصف مسافة التباعد بين الباطات.

4-5-9-2-5 عندما يحاط العمودمن كافة جوانبه بعتبات او كتائف فيمكن ايقاف الرباطات المستعرضة بمسافة لاتزيد عن (75مم) تحت مستوى التسليح السفلي لأخفض عتبة او كتيفة.

4-5-10 التسليح المستعرض لعناصر الانحناء (Lateral reinforcement for flexural members)

4-5-10-1 يجب احاطة تسليح الانضغاط في العتبات بربطات او اطواق تحقق متطلبات الفقرة (4-5-9-2) او بأستخدام اسلاك حديدية ملحومة ذات مساحة مكافئة، ويجب توفير هذه الرباطات او الاطواق خلال المنطقة التي تتطلب استخدام تسليح الانضغاط.

4-5-10-2 عند تعرض عناصر الانحناء الى اجهادات متعاكسة (stress reversals) او عندما تتعرض الى عزوم لي عند المساند، فيجب توفير تسليح عرضي مكون من رباطات المغلقة او اطواق مغلقة او تسليح حلزوني يحيط بتسليح الانحناء.

4-5-11 تسليح الانكماش و الحرارة (Shrinkage and temperature Reinforcement)

4-5-11-1 ينبغي توفير حديد تسليح لمقاومة الاجهادات الناتجة عن الحرارة و الانكماش بالاتجاه المتعامد مع حديد تسليح الانحناء في البلاطات الانشائية التي فيها تسليح الانحناء باتجاه واحد فقط.

4-5-11-2 ينبغي توفير حديد تسليح الحرارة و الانكماش بموجب متطلبات الفقرة (4-5-11-3) .

4-5-11-3 ينبغي ان تحقق مساحة حديد التسليح للأنكماش و الحرارة النسب الدنيا التالية من مساحة حديد التسليح الى المساحة الاجمالية لمقطع الخرسانة على ان لاتقل هذه النسبة الدنيا عن (0.0015):

أ - البلاطات المسلحة بقضبان تسليح محززة بأجهاد خضوع مساوية الى (280) نت/مم2 او (380) نت/مم2.	0.002
ب - البلاطات المسلحة بقضبان تسليح محززة او اسلاك ملحومة بأجهاد خضوع مساوية الى 420 نت/مم2.	0.0018

إج - البلاطات التي يستخدم فيها حديد تسليح بأجهاد خضوع يزيد عن 420 نت/مم2مقاسا عند أنفعال خضوع مساوي الى 0.35%. $\frac{0.0018\times420}{Fy}$

4-5-9-3-2 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح المستخدمة لأغراض الأنكماش والحرارة عن ثلاثة امثال سمك البلاطة ولا تزيد عن (350 مم) .

4-5-9-3-3 في جميع المقاطع التي يتطلب تسليحها لمقاومة اجهادات الانكماش و الحرارة ينبغي تحقيق مقاومة الخضوع للشد fy في هذا التسليح بموجب متطلبات الفصل التاسع من المدونة العراقية للخرسانة الانشائية.

4-5-10 متطلبات التكامل الانشائي (Requirements for structural integrity)
لغرض تحقيق متطلبات التكامل الانشائي للعناصر الانشائية فيجب تحقيق المتطلبات الواردة في المدونة العراقية للخرسانة الانشائية.

الفصل الخامس
المتطلبات العامة للتحليل و التصميم
General Requirement for Analysis and Design

5-1 طرق التصميم : (Design Method)

5-1-1 عند تصميم المنشات الخرسانية، يتم اختيار العناصر لتلبي متطلبات المقاومة المناسبة بموجب اشتراطات هذه المدونة باستخدام معاملات الأحمال و معاملات خفض المقاومة ϕ المحددة في الفصل السادس من هذه المدونة.

5-1-2 يسمح باستخدام الاشتراطات الواردة في الملحق ب عند تصميم الخرسانة المسلحة.

5-2 الأحمال : (Loading)

5-2-1 اشتراطات التصميم لهذه المدونة مبنية على أساس أن المنشات يجب أن تصمم لمقاومة كافة الأحمال المسلطة.

5-2-2 عند تصميم المنشات لمقاومة أحمال الرياح و الزلازل، يجب أن تصمم أجزاء المنشأ التي تكمل بعضها البعض (integral structural parts) لمقاومة كافة الأحمال الجانبية.

5-2-3 يجب الأخذ بنظر الاعتبار تأثيرات القوى الناتجة عن تسليط الإجهاد، أحمال الرافعات، الاهتزاز، الصدم، الانكماش ، التغيرات في درجات الحرارة، الزحف، التمدد الحاصل في الخرسانة المعادلة للانكماش و الهبوط المتفاوت للأساسات.

5-3 طرق التحليل : (Methods of Analysis)

5-3-1 يجب أن تصمم عناصر الهياكل أو المنشات المستمرة لمقاومة التأثيرات القصوى للأحمال ال معاملة التي يتم الحصول عليها باستخدام نظرية التحليل المرن باستثناء ما ورد في الفقرة (5-4) كما و يسمح بتبسيط التصميم باستخدام الفرضيات المبينة في الفقرات (5-7) إلى (5-11).

5-3-2 باستثناء الخرسانة مسبقة الإجهاد، يسمح باستخدام الطرق التقريبية لتحليل الهياكل الإنشائية في الأبنية التي تكون طرق الإنشاء و الفضاءات و ارتفاعات الطوابق فيها مألوفة.

5-3-3 كبديل لتحليل الهياكل (frames analysis)، يسمح بتصميم العتبات المستمرة و البلاط ات العاملة باتجاه واحد فقط) باستخدام القيم التقريبية للعزوم و قوى القص على ان تستوفى المتطلبات الواردة من (أ) إلى (هـ).

أ - العتبة المستمرة تتألف من فضائين أو أكثر.

ب - تكون الفضاءات متساوية تقريبا على ان لا يزيد الفضاء الأكبر عن الفضاء الأصغر بمقدار (20%) لفضائين متجاورين.

ج - تكون الأحمال موزعة بشكل منتظم (uniform distributed load)

د - لا يزيد الحمل الحي غير ال معامل (live load) عن ثلاثة امثال الحمل الميت غير ال معامل (dead load) و

ه - تكون العناصر موشورية (prismatic) ذات مقطع متماثل على طول الفضاء.

لحساب العزوم السالبة عند المساند يؤخذ طول الفضاء (l_n) مساويا لمعدل الطول الصافي لفضائين متجاورين.

الحالة	العزم / القص
العزوم الموجبة	
الفضاءات الطرفية	
المسند الطرفي غير مستمر و غير مقيد	$\frac{W_u l_n^2}{11}$
المسند الطرفي غير مستمر و مقيد	$\frac{W_u l_n^2}{14}$
الفضاءات الداخلية	$\frac{W_u l_n^2}{16}$
العزوم السالبة على الوجه الخارجي لأول مسند داخلي	
فضائين	$\frac{W_u l_n^2}{9}$
أكثر من فضائين	$\frac{W_u l_n^2}{10}$
العزوم السالبة على ألأوجه الأخرى للمساند الداخلية	$\frac{W_u l_n^2}{11}$
العزم السالب على أوجه كافة المساند للبلاطات ذات الفضاءات التي لا تتجاوز (3) متر و العتبات التي تكون فيها نسبة مجموع جساءات الأعمدة إلى جساءات العتبات تتجاوز (8) في كل نهاية من الفضاء	$\frac{W_u l_n^2}{12}$
العزم السالب على الوجه الداخلي للمسند الخارجي للعناصر المبينة بصورة متكاملة مع المساند	
عندما يكون المسند عتبة	$\frac{W_u l_n^2}{24}$
عندما يكون المسند عمود	$\frac{W_u l_n^2}{16}$
القص في العناصر الطرفية عن وجه أول مسند داخلي	$\frac{1.15 W_u l_n}{2}$
القص عند كافة الأوجه الأخرى	$\frac{W_u l_n}{2}$

5-3-4 يسمح باستخدام نماذج دعائم الانضغاط و رباط الشد لتصميم الخرسانة الإنشائية كما مبين في (الملحق أ).

5-4 أعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة

5-4-1 باستثناء الحالات التي تستخدم فيها القيم التقريبية للعزوم، يسمح بتخفيض العزوم المعاملة المحسوبة بنظرية التحليل المرن عند مقاطع العزوم السالبة أو الموجبة القصوى لأي فضاء من فضاءات عناصر الانحناء المستمرة و لأي فرضية لتوزيع الأحمال بما لا يتجاوز عن $1000\varepsilon t$ على ان لا يتجاوز التخفيض (20%).

5-4-2 يتم إجراء أعادة توزيع العزوم فقط عندما تكون قيمة εt مساوية او اكبر من (0.0075) عند المقطع المراد تخفيض العزم فيه.

5-4-3 ينبغي استخدام العزم المخفض لحساب العزوم المعاد توزيعها عند المقاطع الأخرى ضمن الفضاءات. يجب المحافظة على التوازن الأستاتيكي بعد اعادة توزيع العزوم لكل حالة من حالات توزيع الأحمال.

5-5 معامل المرونة : (Modulus of Elasticity)

1-5-5 يسمح باعتبار معامل المرونة Ec للخرسانة مساويا لـ ($wc^{1.5}0.043\sqrt{fc'}$ MPa) لقيم wc تتراوح بين (1440 إلى 2560) كغم / م3. للخرسانة العادية (normal weight concrete) يسمح باعتبار قيمة معامل المرونة مساويا الى $4700\sqrt{fc'}$ **Error! Bookmark not defined.**.

2-5-5 يسمح بأعتبار معامل المرونة Es لحديد التسليح غير مسبق الإجهاد مساويا 200000 نت/ مم2.

6-5 الخرسانة خفيفة الوزن : (Lightweight Concrete)

1-6-5 لغرض استخدام الخرسانة خفيفة الوزن ما لم يذكر بشكل محدد غير ذلك، يعتمد معامل تعديل (λ) لتخفيض قيمة $\sqrt{fc'}$ في جميع المعادلات و الفقرات الوارده في هذه المدونة حيث ان:

λ = 0.85 للخرسانة الحاوية على رمل خفيف الوزن.

λ = 0.75 لكافة انواع الخرسانة خفيفة الوزن.

λ = 1.0 للخرسانة العادية.

و يمكن حساب قيمة (λ) من العلاقة التالية بالاعتماد على معدل مقاومة الانشطار (average splitting tensile strength) الموصوفة للخرسانة خفيفة الوزن fct.

7-5 الجساءة : (Stiffness)

1-7-5 يسمح باستخدام مجموعة من الفرضيات المناسبة لاحتساب جساءة الانحناء و اللي النسبية للأعمدة و الجدران و أنظمة البلاطات و السقوف ، ويجب ان تستخدم هذه الفرضيات عند أجراء التحليل بشكل متوافق.

2-7-5 يتم الأخذ بنظر الاعتبار تأثيرات سمك المقطع عند احتساب العزوم و تصميم العناصر.

8-5 الجساءة الفعالة لاحتساب الانحرافات الجانبية: (Effective Stiffness)

1-8-5 لاحتساب الانحرافات الجانبية لأنظمة البناء من الخرسانة المسلحة الناتجة من الأحمال الجانية الخدمية أما باستخدام نظرية التحليل الخطي بعد تضخيم جساءة الانحناء المحسوبة بموجب متطلبات الفقرات (5-8-2) و (5-8-3) بمقدار (1.4) أو باستخدام تحليلات أكثر تفصيلا . خصائص العناصر يجب أن لا تزيد عن خصائص المقطع الإجمالية.

2-8-5 يتم حساب الانحرافات الجانبية لأنظمة البناء من الخرسانة المسلحة الناتجة من الأحمال الجانبية المعاملة أما باستخدام نظرية التحليل الخطي بجساءة العنصر المعرفة كما مبين (أ) أو (ب)، أو باستخدام تحليلات أكثر تفصيلا و التي يتم فيها الأخذ بنظر الاعتبار الجساءة المخفضة لكافة العناصر تحت ظروف التحميل:

أ - باستخدام خصائص المقاطع الواردة في الفقرة (7-10-4-1).

ب - باستخدام (50%) من الجساءات المحسوبة على أساس خصائص المقطع ألأجمالي.

5- 9 طول الفضاء : (Span Length)

5-9-1 يعتبر طول الفضاء للعناصر غير المصبوبة سوية مع المساند (not built integrally with supports) مساويا للفضاء الصافي بين المساند مضافا اليه عمق العنصر على ان لا يتجاوز طول الفضاء المسافة بين مراكز المساند .

5-9-2 يؤخذ طول الفضاء مساويا للمسافة بين مراكز المسا ند لحساب العزوم عند اجراء التحليل الانشائي للهياكل او الانشاءات المستمرة .

5-9-3 يسمح باعتماد العزوم عند اوجه المساند لتصميم العتبات المصبوبة سوية مع المساند .

5-9-4 يسمح بتحليل البلاطات المصمتة (solid) او المضلعة (Ribbed) والمصبوبة سوية مع المساند وبفضاء صافي لايزيد عن (3 م) كبلاطات مستمرة بسيطة الاسناد للفضاء الصافي للبلاطة ويهمل عرض العتبات .

5-10 الاعمدة : (Columns)

5-10-1 ينبغي تصميم الاعمدة لمقاومة القوى المحورية الناتجة عن الاحمال ال معاملة المسلطة من كافة بلاطات الطوابق او السقوف والعزم الاقصى الناتج من الاحمال ال معاملة العاملة على الفضاء المفرد والمجاور للطابق او السقف المعني . كما ينبغي الاخذ بنظر الاعتبار حالة التحميل التي تولد اقصى نسبة عزم الى الحمل المحوري .

5-10-2 ينبغي الاخذ بنظر الاعتبار تأثير الاحمال غير المتوازية للطوابق والسقوف على اللاعمدة الخارجية والداخلية وتاثير الحملب اللامركزي الناتج من اسباب اخرى في الهياكل والانشاءات المستمرة.

5-10-3 يسمح بحساب العزوم المتولدة نتيجة للاحمال الشاقولية في الاعمدة بافتراض ان حافات الاعمدة البعيدة المصبوبة سوية مع المنشأ مقيدة الدوران (fixed).

5-10-4 يتم تحديد مقاومة العزم في اي طابق او سقف خلال توزيع العزوم على الاعمدة فوق وتحت الطابق بموجب جساءة الاعمدةالنسبية وحالات التقييد.

5-11 تنسيق (ترتيب) الاحمال الحية : (Arrangement of Line Load)

5-11-1 يسمح بافتراض ان :
أ) تسليط الحمل الحي على الطابق او السقف المعني فقط .
ب) النهاية البعيدة للاعمدة المصبوبة سويةى مع المنشأ مقيدة الدوران (fixed).

5-11-2 يسمح بافتراض ان تنسيق الحمل الحي محدداً بتجميعات الاحمال التالية:
أ) حمل ميت معامل على جميع الفضاءات مضافا اليه حمل حي معامل كامل على فضائين متجاورين .
ب) حمل ميت معامل على جميعلا الفضاءات مضافا الية حمل حي معامل كامل على فضاءات متعاقبة .

5-12 تشييد العتبات نوع T : (T-beam Construction)

5-12-1 ينبغي تشييد العتبات نوع (T) بحيث يتم صب الشفة و الوترة لتعمل سوية و بخلافه يجب ربطهما سوية بشكل فعال.

5-12-2 ينبغي ان لا يزيد عرض البلاطة الفعال الذي يعمل كشفة للعتبة نوع (T) عن (1\4) طول فضاء العتبة على ان لا يزيد الجزء الناتئ من الشفة على جانبي الوترة عن:
أ) ثمان مرات سمك البلاطة, و
ب) 1\2 المسافة الصافية للوترة المجاورة.

5-12-3 للعتبات نوع (T) ذات شفة ناتئة من جهة واحدة فقط يكون عرض الجزء الناتئ الفعال للشفة لا يزيد عن :
أ) 1/12 من طول الفضاء للعتبة.
ب) ست مرات سمك البلاطة.
جـ) 1/2 المسافة الصافية للوترة المجاورة.

5-12-4 عند استخدام العتبات نوع (T) كعتبة مفردة و لتوفير مساحة انضغاط اضافية بواسطة الشفة يجب ان لا يقل سمك الشفة عن (1/2) عرض الوترة و لا يزيد عرض الشفة الفعال عن اربعة اضعاف عرض الوترة.

5-12-5 عندما يكون حديد تسليح الانحناء الرئيسي للبلاطات التي يمكن اعتبارها كشفة للعتبة نوع (T) (باستثناء تشييد العوارض Joint construction) موازيا لمحور العتبة , فيجب استخدام حديد تسليح في اعلى البلاطة بموجب ما يلي :

5-12-5-1 يتم تصحيح التسليح العرضي تحت تأثير الحمل ال معامل المسلط على الجزء المتدلي (over hang) من البلاطة باعتباره عتبة ناتئة.

5-12-5-2 ينبغي ان لا تزيد مسافات التباعد بين حديد التسليح العرضي عن خمسة مرات سمك البلاطة و لا يزيد عن (350 مم) ايهما اقل.

5-13 تشييد العوارض : (Joist construction)

5-13-1 يتألف تشييد العوارض من تركيبة مصبوبة سوية من أضلاع خرسانية موزعة بشكل منتظم و بلاطة فوق الأضلاع مرتبة بفضاءات باتجاه واحد او اتجاهين متعامدين.

5-13-2 يجب ان لا يقل عرض الاضلاع عن (100 مم) و لا يزيد العمق عن (3.5) مرة من العرض الادنى للضلع.

5-13-3 يجب ان لا تتجاوز المسافة الصافية بين الاضلاع عن (750 مم) .

5-13-4 تشييد العوارض التي لا تلبي المحددات الواردة في الفقرات (5-13-1) الى (5-13-3) فيتم تصميمها كبلاطات و عتبات اعتيادية.

5-13-5 عند استخدام القنوات و الانابيب المطمورة ضمن البلاط بموجب متطلبات الفقرة (4-5-110) فيجب ان يكون سمك البلاطة اكبر بمقدار (25 مم) من العمق الكلي للقناة او الانبوب عند اي نقطة من نقاط الجزء المطمور. كما و يجب ان لا يؤثر وجود القنوات او الانابيب على مقاومة المنشأ كثيرا.

6-13-5 عند استحدام التشييد بالعوارض , يسمح بزيادة مقاومة القص للخرسانة (Vc) بمقدار (10%) عن ما هو محدد في الفصل الثامن من المدونة.

الفصل السادس
متطلبات المقاومة والاستخدام
Strength and Serviceability Requirements

1-6 عام : (General)

1-1-6 يجب ان تصمم المنشآت و العناصر الانشائية بحيث تكون مقاوماتها التصميمية (Design Strengths) في جميع المقاطع على الاقل مساوية الى تلك المحسوبة للاحمال والقوى المعاملة (Required Strengths) وفق تجميعات نصت عليها هذه المدوّنة.

2-1-6 يجب ان تحقق العناصر الانشائية جميع متطلبات هذه المدوّنة لضمان الاداء الملائم (Adequate Performance) تحت تأثير احمال التشغيل.

2-6 المقاومة التصميمية المطلوبة: (Required Strength)

1-2-6 يجب ان لا تقل المقاومة المطلوبة (U) اللازمة لمقاومة الحمل الميت (D) والحمل الحي (L) عن:

$$U = 1.4D + 1.7L \qquad (1\text{-}6)...$$

حيث ان:
U : المقاومة المطلوبة اللازمة لمقاومة الاحمال المعاملة او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.
D : الاحمال الميتة او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.
L : الاحمال الحية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

2-2-6 اذا تضمن التصميم مقاومة لاحمال ال رياح (W)، فيجب الاخذ بنظر الاعتبار تجميعات الاحمال الميتة والحية والرياح معاً لتحديد المقاومة المطلوبة (U) وكما يلي:

$$U = 0.75\,(1.4D + 1.7L + 1.7W) \qquad (2\text{-}6)...$$

حيث ان:
W : احمال الرياح اوالعزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

وفي حالة عدم وجود احمال حية، تحدد المقاومة المطلوبة (U) كما مبين في ادناه:

$$U = 0.9\,D + 1.3\,W \qquad (3\text{-}6)...$$

على ان لا تقل القيمة المحددة للمقاومة المطلوبة اي من تجميعات الاحمال المذكورة في (6-2) و (6-3) عن تلك المحددة في العلاقة (6-1) اعلاه.

3-2-6 واذا تضمن التصميم احمال الهزات الارضية (E) ، فيجب الاخذ بنظر الاعتبار تجميعات الاحمال الواردة في الفقرة السابقة على ان لا تقل عن تلك المحسوبة بأ ستبدال احمال الرياح (W) بالقيمة (1.1 E). حيث ان(E) تمثل تأثيرات الحمل الناتجة من الهزات الارضية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

6-2-4 اذا تضمن التصميم مقاومة للاحمال الناتجة من وزن وضغط التربة والناتجة من ضغط الماء الساكن او مواد اخرى، فيجب ان لا تقل المقاومة المطلوبة (U) المحسوبة في الفقرات (6-2-1) و (6-2-2) و (6-2-3) عن:

$$U = 1.4D + 1.7\ L + 1.7\ H \quad ...(6\text{-}4)$$

حيث ان:

H: الاحمال الناتجة من وزن وضغط التربة، ضغط الماء الساكن او مواد اخرى او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

في الحالة التي توضع فيها الاحمال الميتة والحية بشكل يقلل من تأثيرات احمال وزن و ضغط التربة (H) فان المقاومة المطلوبة تحدد من العلاقة الاتية:

$$U = 0.9D + 1.7H \quad ...(6\text{-}5)$$

على ان لا تقل المقاومة المطلوبة عن القيمة المحددة في العلاقة (6-1).

6-2-5 وإذا تضمن التصميم تأثير الاحمال الناتجة من وزن وضغط السوائل ذات الكثافات المعروفة (F) والتي تكون ارتفاعاتها القصوى قابلة للسيطرة عليها ، فيجب معاملة هذه الاحمال بالقيمة (1.4) مع اضافاتها الى تجميعات الاحمال المتضمنة الاحمال الحية (L) الواردة في الفقرات السابقة.

حيث ان:

F: الاحمال الناتجة من ضغط السوائل ذات الكثافات المعروفة والتي تكون ارتفاعاتها القصوى قابلة للسيطرة عليها، او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

6-2-6 اذا أُخِذت مقاومة التأثيرالصدمي للاحمال(Impact Effects) بنظر الاعتبار في التصميم، فيجب تضمين هذه التأثيرات كنسبة من الاحمال الحية.

6-2-7 اذا كانت التأثيرات الانشائية للهبوط المتفاوت للاساسات والزحف والانكماش و تمدد الخرسانة المعادِلة للانكماش (Shrinkage Compensating Concrete) او التأثيرات الناتجة من التغير في درجة الحرارة ذات اهمية ومؤثرة بشكل ملحوظ على التصميم، فان المقاومة المطلوبة (U) يجب ان تكون على الاقل مساوية لـ:

$$U = 0.75\ (1.4D + 1.4T + 1.7L) \quad ...(6\text{-}6)$$

على ان لا تقل (U) عن:

$$U = 1.4(D+T) \quad ...(6\text{-}7)$$

حيث ان:

T: مجموع تأثيرات الحرارة والزحف والانكماش والهبوط المتفاوت والتغيرات الناتجة من الخرسانة المعادِلة للانكماش.

يجب ان تبنى تأثير ات الهبوط المتفاوت والزحف والانكماش والتغيرات في درجات الحرارة على تقديرات واقعية (Realistic Assessments) مشابهة لتلك التي تحدث تحت ظروف التشغيل.

3-6 المقاومة التصميمية : (Design Strength)

1-3-6 يجب ان تؤخذ المقاومة التصميمية في حالات الانحناء (Flexure) والحمل المحوري (Axial Load) و القص (Shear) واللي (Torsion) التي يوفرها العنصر الانشائي وروابطه ببقية العناصر ومقاطعه العرضية مساوية الى المقاومة الاسمية (Nominal Strength) المحسوبة طبقاً لمتطلبات وافتراضات هذه المدوّنة بعد معاملتها بمعاملات خفض المقاومة Ø.

2-3-6 يؤخذ معامل خفض المقاومة (Ø) كما مبين في ادناه:

1-2-3-6 انحناء بدون حمل محوري 0.90

2-2-3-6 حمل محوري وحمل محوري مع انحناء . (في حالة الحمل المحوري مع الانحناء، يجب معاملة كل من المقاومة الاسمية للحمل المحوري والمقاومة الاسمية للعزم بمعامل واحد ومناسب لـØ).

أ - شد محوري وشد محوري مع انحناء 0.90

ب - انضغاط محوري وانضغاط محوري مع انحناء:

1. عناصر مسلحة حلزونياً طبقاً للفقرة ( ) من هذه المدونة.. 0.75
2. عناصر مسلحة أخرى 0.70

في الحالات التي تكون فيها قيم الضغط المحوري منخفضة، فيمكن زيادة قيم معامل تخفيض المقاومة (Ø) وفقاً لما يلي:

أ - في العناصر التي تزيد فيها قيمة (f_y) عن (420 نت\مم^2) وذات التسليح المتناظر والتي تكون فيها قيمة $\frac{h-d'-ds}{h}$ لا تقل عن (0.70) ، فيمكن زيادة قيمة معامل تخفيض المقاومة (Ø) خطياً الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($ØP_n$) من ($0.10\ f'c\ \ Ag$) الى الصفر.

حيث ان:

h: السمك الكلي للعنصر، مم^2.

d': المسافة من الليف الاقصى المضغوط الى مركز تسليح الانضغاط، مم.

ds: المسافة من الليف الاقصى المشدود الى مركز تسليح الشد، مم.

Pn: المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند لا مركزية (Eccentricity) معينة، نت.

f'c: مقاومة الانضغاط المميزة للخرسانة، نت\مم^2.

Ag: المساحة الإجمالية للمقطع، مم^2.

ب - في العناصر الخرسانية المسلحة، يمكن زيادة قيمة معامل تخفيض المقاومة (Ø) خطياً الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($ØP_n$) من (0.10 f'c Ag) او ($ØP_n$) ايهما اصغر الى الصفر.

حيث ان (P_b) هي المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند حالات الانفعال المتوازنة (Balanced Strain Conditions) ، مقاسا بالنيوتن.

3-2-3-6 القص واللي 0.85

4-2-3-6 القوى المسندية (Bearing) على الخرسانة (ما عدا مناطق تثبيت الاجهاد اللاحق) 0.70

5-2-3-6 نموذج دعامات الشد و الانضغاط و مناطق العقد الخاصة بها و التحميل المباشر و اوجه العقد ....…0.75

4-6 المقاومة التصميمية لحديد التسليح : (Design Strength for Reinforcement)

يجب ان لاتتجاوز قيم (f_y) المستخدمة في الحسابات التصميمية (550 نت\مم^2) ما عدا حديد سبق الاجهاد. حيث ان (f_y) مقاومة الخضوع المميزة لحديد التسليح، نت\مم^2.

5-6 السيطرة على الانحرافات (Control of Deflections)

1-5-6 يجب ان تصمم العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة الى انحناء ليكون لها جساءة كافية (Adequate Stiffness) للحد من الانحرافات و التشوهات والتي تؤثر سلباً على المقاومة والقابلية التشغيلية للمنشأ.

2-5-6 المنشآت العاملة باتجاه واحد (One-way Construction)

1-2-5-6 يجب تحقيق متطلبات الانحراف للمنشآت العاملة باتجاه واحد والتي لا تحمل او تتصل بقواطع او تشييدات اخرى يُحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة بوضع حد ادنى لسمك المقطع وكما مبين في الجدول (6-1) ما لم تبيّن حسابات الانحراف ان استخدام سمك اقل للمقطع لا يؤثر سلباً على المنشأ.

الجدول (6-1) السمك الأدنى للعتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد

نوع العنصر	نوع الإسناد			
	إسناد بسيط **Simply Supported**	مستمر من جانب واحد **One end Continuous**	مستمر من النهايتين **Both ends Continuous**	ناتئ **Cantilever**
بلاطات صلدة عاملة باتجاه واحد	ℓ/20	ℓ /24	ℓ/28	ℓ/10
عتبات او بلاطات مضلعة عاملة باتجاه واحد	ℓ/16	ℓ/18.5	ℓ/21	ℓ/8

حيث ان:

ℓ: طول فضاء العتبة او البلاطة العاملة باتجاه واحد؛ طول البروز الصافي للح ديد (Cantilever)، مقاسا بالمليمتر.

تستعمل القيم المعطاة في الجدول اعلاه للعناصر الخرسانية ذات الوزن الطبيعي (Normal weight Concrete) وحديد تسليح باجهاد خضوع (f_y) مساوٍ لـ(420 نت\مم^2). وللحالات الاخرى يجب ان تُعدّل القيم وكما يلي:

أ - للخرسانة خفيفة الوزن (Lightweight Concrete) فان القيم تضرب بالمعامل (1.65 -0.0003 wc) على ان لا يقل المعامل عن (1.09) حيث ان (wc) تمثل كثافة الخرسانة مقاسة بـ كغم\م^3.

ب - اذا اختلفت قيمة اجهاد الخضوع (f_y) عن(420 نت\مم^2) ، فالقيم يجب ان تضرب بالمعامل $0.4+\frac{fy}{700}$.

6-5-2-2 في الحالات التي تتطلب حساب الانحراف ، يجب ان تحسب الانحرافات الانية (التي تحدث فور تسليط الاحمال) بالطرق العادية (Usual Methods) او باستخدام صيغ خاصة بالانحرافات المرنة مع الاخذ بنظر الاعتبار تأثير التشققات والتسليح على جساءة العناصر.

6-5-2-3 ما لم يتم الحصول على قيم الجساءة بالتحليل الدقيق والشامل، فان الانحراف الاني يحتسب باستعمال معامل مرونة الخرسانة E_c كما هو مبين في الفقرة (5-5-1) وباستعمال عزم قصور ذاتي فعال وكما يلي على ان لا يتجاوز I_g:

$$Ig=\left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3 Ig+\left[1-\left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3\right]Icr \qquad (8\text{-}6)...$$

حيث ان:

$$Mcr=\frac{frIg}{yt} \qquad (9\text{-}6)...$$

$$fr=0.62\lambda\sqrt{f'c} \qquad (10\text{-}6)...$$

حيث ان:

Ec: معامل المرونة للخرسانة، نت\مم^2.
Ie: عزم القصور الذاتي الفعال لحساب الانحراف، مم^4.
Ig: عزم القصور الذاتي حول محور مركز الثقل (Centroidal Axis) للمقطع الاجمالي للخرسانة (Gross Concrete Section) مع اهمال التسليح، مم^4.
Mcr: عزم التشقق، نت.مم.
Ma: العزم الاقصى للعضو تحت احمال التشغيل عند المرحلة التي يحسب فيها الانحراف، نت.مم.
Icr: عزم القصور الذاتي للمقطع المتشقق، مم^4.
fr: معامل التصدع للخرسانة، نت\ مم^2.
yt: المسافة من محور مركز الثقل للمقطع الاجمالي للخرسانة مع اهمال التسليح الى الليف الاقصى المشدود، مم.
λ: عامل يعكس النقصان في الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن .

6-5-2-4 يؤخذ عزم القصور الذاتي الفعال في العناصر المستمرة كمعدل للقيم المحسوبة من المعادلة (6-8) للمقاطع الحرجة (Critical Sections) للعزم الموجب والعزم السالب . للعناصر الثابتة المقطع او الموشورية (Prismatic)، يسمح باعتماد عزم القصور الذاتي الفعال المحسوب من المعادلة (6-8) عند منتصف الفضاءات البسيطة والمستمرة وعند المسند للحيود (Cantilevers).

6-5-2-5 ما لم تحسب الانحرافات بالتحليل الدقيق والشامل، فان الانحرافات الاضافية الطويلة الامد الناتجة من الزحف والانكماش للعناصر المعرضة للانحناء (سواء كانت من الخرسانة ذات الوزن الطبيعي او خفيفة الوزن) يجب ان تح سب بضرب الانحراف الآني الناتج من الاحمال المستمرة بالمعامل ($\lambda\Delta$).

حيث ان:

$$\lambda\Delta = \frac{\xi}{1+50\rho'} \quad ...(11-6)$$

$\lambda\Delta$: مضاعف (Multiplier) للانحراف طويل الامد.

ξ: معامل يعتمد على زمن تسليط الاحمال المستمرة ويكون مساوٍ لـ :

2 لفترة تحميل (5) سنة او اكثر

1.4 لفترة تحميل (12) شهر

1.2 لفترة تحميل (6) شهر

1.0 لفترة تحميل (3) شهر

ρ': نسبة تسليح الانضغاط غير المسبق الاجهاد، (As'\b d).

حيث ان:

As': مساحة تسليح الانضغاط، مم2.

b: عرض المقطع في منطقة الانضغاط، مم.

d: المسافة من الليف الاقصى المضغوط الى مركز تسليح الشد، مم.

وتؤخذ القيمة في منتصف الفضاءات البسيطة والمستمرة وعند المسند للحيود.

6-2-5-6 يجب ان لا يتجاوز الانحراف المحسوب بموجب الفقرات (6-5-2-2) وحتى (6-5-2-5) الحدود القصوى المحددة في الجدول (6-2).

جدول (6-2) الحدود القصوى المسموحة للانحراف

نوع العضو	الانحراف الواجب اخذه بنظر الاعتبار	حد الانحراف
سقوف مستوية (Flat Roofs) لا تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة	الانحراف الآني الناتج من الاحمال الحية	ℓ /180
ارضيات(Floors) لا تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة		ℓ /360
سقوف او ارضيات تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة	الانحراف الكلي الناتج بعد وضع العناصر غير الانشائية (مجموع الانحراف طويل الامد الناتج من الاحمال المستمرة والانحراف الآني لأي زيادة في الاحمال الحية)	ℓ /480
سقوف او ارضيات تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية لا يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة		ℓ /240

3-5-6 البلاطات العاملة باتجاهين (Two- Way Constructions):

1-3-5-6 تتضمن هذه الفقرة متطلبات الحدود الدنيا لسمك البلاطات او المنشآت الاخرى العاملة باتجاهين والمصممة بموجب اشتراطات الفصل العاشر من هذه المدونة والتي تتطابق مع متطلبات الفقرة (10-6-1-2).

يجب ان يحقق سمك البلاطات التي لا تحتوي على عتبات داخلية حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة متطلبات الفقرة (6-5-3-2) او (6-5-3-4) اما سمك البلاطات الحاوية على عتبات حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة متطلبات الفقرة (6-5-3-3) او (6-5-3-4).

6-5-3-2 للبلاطات غير الحاوية على عتبات داخلية حولية ممتدة بين المساند وتكون نسبة الفضاء الطويل الى الفضاء القصير فيها لا تزيد عن 2.0. يجب ان يحسب السمك الادنى لهذه البلاطات وفقاً لاشتراطات الجدول (6-3) مع مراعاة ان لا يقل السمك عن القيم التالية:

أ)البلاطات غير الحاوية على الواح متدلية (Drop Panels) كما معرفة في الفقرة (5-2-10) 125مم

ب) البلاطات الحاوية على الواح متدلية (Drop Panels) كما معرفة في الفقرة (5-2-10) 100مم

6-5-3-3 للبلاطات الحاوية على عتبات حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة يجب حساب السمك الادنى للبلاطة بموجب ما يلي:

أ) يجب اعتماد اشتراطات الفقرة (6-5-3-2) عندما تكون α_{fm} لا تزيد عن 0.2

ب) عندما تكون α_{fm}اكبر من 0.2ولا تزيد عن 2.0 يجب حساب السمك الادنى بموجب ما يلي:

$$h=\frac{\ell_n\left(0.8+\frac{f_y}{1400}\right)}{36+5\beta\left(\alpha_{fm}-0.2\right)} \qquad (12\text{-}6)...$$

مع مراعاة ان لا يقل سمك البلاطة عن 125مم في جميع الاحوال.

ج) عندما تكون قيمة α_{fm} اكبر من 2.0 فيجب ان لا يقل السمك الادنى للبلاطة عن السمك المحسوب في العلاقة التالية:

$$h=\frac{\ell_n\left(0.8+\frac{f_y}{1400}\right)}{36+9\beta} \qquad (13\text{-}6)...$$

مع مراعاة ان لا يقل سمك البلاطة عن 90مم في جميع الاحوال.

د) عند الحافات غير المستمرة يجب توفير عتبة طرفية ذات نسبة جساءة α_f لا تقل عن 0.8 وفي حالة عدم توفير مثل هذه العتبة يجب زيادة السمك الادنى للبلاطة المطلوب بموجب العلاقتين (6-12) و(6-13) بمقدار لا يقل عن 10% في لوح البلاطة (slab panel) الذي يشتمل على حافة غير مستمرة.

في الفقرات (ب) و(ج) في اعلاه يمثل الحد ℓ_n الفضاء الصافي للبلاطة باتجاه ها الطويل محسوبا من اوجه العتبات. اما الحدβ المستخدم في العلاقتين (6-12) و(6-13) فانه يمثل الفضاء الصافي بالاتجاه الطويل للوحة البلاطة الى الفضاء الصافي في اتجاه لوحة البلاطة القصير.

6-5-3-4 يمكن استخدام سمك البلاطة يقل عن الحد الادنى المطلوب في الفقرات (6-5-3-1) و(6-5-3-2) و(6-5-3-3-) وذلك عندما تكون قيم الانحراف المحسوبة لا تزيد عن الحدود المثبتة في الجدول (6-2) مع مراعاة ان تؤخذ بنظر الاعتبار المتطلبات التالية عند حساب قيم الانحرافاتز

1 -مقاسات وشكل لوحة البلاطة
2 -شروط اسناد البلاطة على حافاتها
3 -طبيعة التقييد عند حافات لوحة البلاطة
4 -معامل المرونة للخرسانة E_c بموجب متطلبات الفقرة (5-5-1)

5 - يحسب عزم القصور الذاتي الفعال I_e بموجب العلاقة (6-8)
ويجب حساب الانحرافات الاضافية وفقاً لمتطلبات الفقرة (6-5-2-5).

جدول (6-3) السمك الادنى للبلاطات بدون عتبات داخلية[1]

اجهاد الخضوع [2]f_y MPa	بلاطات بدون الواح متدلية (without drop panels)			بلاطات تشتمل على الواح متدلية[3] (with drop panels)		
	الواح خارجية		الواح داخلية	الواح خارجية		الواح داخلية
	بدون عتبات طرفية	تشتمل على عتبات طرفية[4]		بدون عتبات طرفية	تشتمل على عتبات طرفية[4]	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

1 - للبلاطات العاملة باتجاهين يمثل الحد ℓ_n الفضاء الصافي للبلاطة باتجاهها الطويل محسوباً من اوجه مساند البلاطات بدون عتبات ويكون محسوبا من اوجه العتبات او المساند الاخرى (كالجدران) في الحالات الاخرى.

2 - في الحالات التي يكون فيها اجهاد الخضوع f_y يقع بين القيم المبينة في الجدول عندها يمكن حساب السمك الادنى للبلاطات.

3 - يجب ان تكون ابعاد وسمك الالواح المتدلية كما وردت في الفقرة (5-2-10).

4 - عندما تشتمل البلاطة على عتبات طرفية (Edge Beams) ممتدة بين الاعمدة على طول الحافات الخارجية ينبغي ان لا تقل قيمة α_f عن 0.8.

الفصل السابع
الانحناء والأحمال المحورية
Flexure and Axial Loads

1-7 المجال : (Scope)

يجب ان تطبق اشتراطات هذا الفصل لتصميم العناصر المعرضة للانحناء او الاحمال المحورية او الى اشتراك الانحناء والاحمال المحورية.

2-7 فرضيات التصميم : (Design Assumptions)

1-2-7 يجب ان يعتمد تصميم المقاومة للعناصر المعرضة للانحناء والاحمال المحورية على فرضيات مقدمة في الفقرات (7-2-2) الى (7-2-7) اضافة الى الايفاء في شروط التوازن وتوافق الانفعالات.

2-2-7 يفترض ان يتناسب الانفعال في التسليح والخرسانة مع البعد عن محور التعادل ، باستثناء العتبات العميقة حيث يكون توزيع الانفعال فيها لا خطي، ويجب استخدام التحليل الذي يعتبر توزيع الانفعال لا خطياً وكبديل، يمكن السماح باستخدام طريقة نموذج دعامة الانضغاط ورباط الشد.

3-2-7 يفترض ان يكون الانفعال الاقصى المستخدم في ليف الانضغاط الاقصى للخرسانة مساويا الى (0.003).

4-2-7 الاجهاد في التسليح الذي يقل عن اجهاد الخضوع fy فيؤخذ الاجهاد مساويا الى معامل مرونة الحديد (Es) مضروباً في انفعال الحديد ، وفي حالة كون الانفعالات تزيد عن تلك التي تتطابق مع (fy)، فان الاجهادات في الحديد تعتبر غير معتمدة على الانفعال وتساوي(fy).

5-2-7 تهمل مقاومة الشد للخرسانة في حسابات الانحناء والاحمال المحورية للخرسانة المسلحة.

6-2-7 يفترض ان تكون العلاقة بين توزيع الاجهادات في الخرسانة وانفعال الخرسانة على شكل مستطيل او شبه منحرف او قطع زائد او أي شكل اخر يستنتج من نتائج اختبارية.

7-2-7 يتم الايفاء بمتطلبات الفقرة السابقة باستعمال توزيع اجهادات الخرسانة بشكل مستطيل مكافئ وحسب الشروط التالية :

1-7-2-7 يفترض اجهاد الخرسانة مساوي الى ($0.85f'_c$) موزعاً بانتظام على منطقة الانضغاط المكافئة والمحاطة بحافات المقطع العرضي وخط مستقيم موازٍ للمحور المحايد وعلى مسافة ($a=\beta_1 c$) من ليف الخرسانة ذو انفعال الانضغاط الاعظم.

2-7-2-7 تقاس المسافة (c) من ليف الانفعال الاقصى الى المحور المحايد باتجاه عمودي مع المحور المحايد.

3-7-2-7 للخرسانة التي لها مقاومة (f'c) بين (17-28) ميكاباسكال، يجب اخذ قيمة ($\beta 1$) مساوية لـ(0.85) وتقل خطياً بمعدل (0.05) لكل (7) ميكاباسكال زيادة على (28) ميكاباسكال على ان لا تقل عن (0.65) كما في العلاقة التالية:

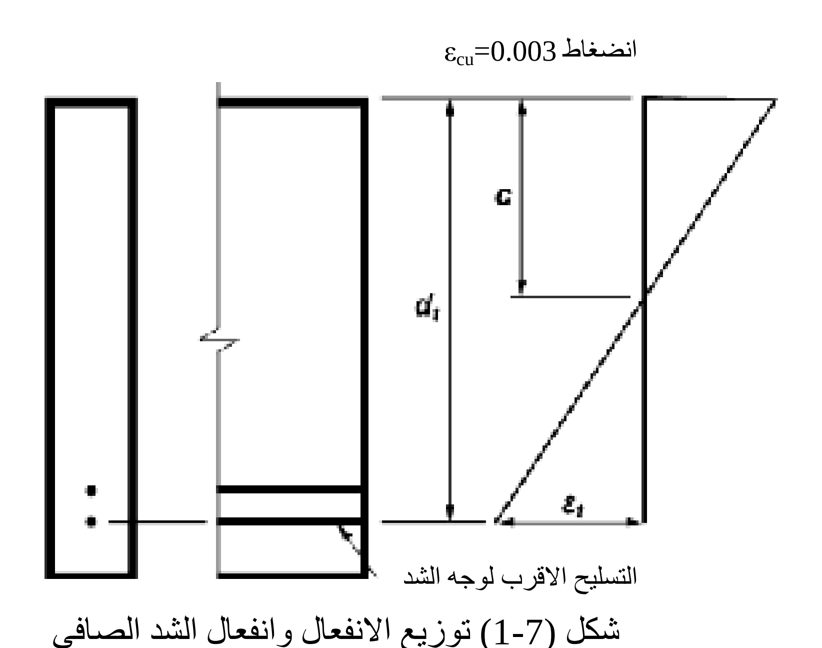
$$B_1 = 0.85 - 0.007(f_c' - 28) \geq 0.65$$ .... (1-7)

3-7 متطلبات ومبادئ عامة : (General Principles and Requirements)

1-3-7 يجب ان يكون تصميم المقاطع العرضية المعرضة للانحناء او الاحمال المحورية او الى كليهما معتمد على توافق الاجهاد والانفعال باستخدام الفرضيات الواردة في الفقرة (7-2).

2-3-7 تعتبرمقاطع العناصر الانشائية (cross-section) في حالة انفعال توازني عند بلوغ الأنفعال في حديد تسليح الشد قيمة مساوية الى انفعال الخضوع ($\varepsilon_t = \frac{f_y}{E_s}$) عندما يبلغ انفعال الانضغاط في الليف الاقصى (Extremes Fiber) لخرسانة المقطع قيمة انفعال نهائي مقداره ($\varepsilon_{cu} = 0.003$).

3-3-7 تصنف مقاطع العناصر الانشائية (cross-section) كمقاطع يتحكم فيها فشل الانضغاط اذا كان انفعال الشد الصافي (net tensile strain) (ε_t) في حديد التسليح الابعد عن المحور المحايد (N.A.) مساويا" الى او اقل من قيمة الانفعال اللازم لكي يعتبر الانضغاط متحكما " في فشل المقطع و ذلك عندما يكون انفعال الانضغاط في الليف الاقصى للمقطع قد بلغ الانفعال النهائي ($\varepsilon_{cu} = 0.003$).
يعرف الانفعال اللازم لكي يعتبر الانضغاط متحكما في فشل المقطع على انه انفعال الشد الصافي في حديد التسليح عند شروط الانفعال التوازني كما مبين في الشكل (fig.r10.3.3)
يمكن اعتبار ان حد الانفعال في حديد التسليح اللازم لاعتبار ان الانضغاط هو المتحكم في فشل المقطع مساويا" الى (0.002) و ذلك عند استخدام حديد تسليح يكون اجهاد الخضوع فيه مساويا " الى (420 نت/مم^2).



شكل (7-1) توزيع الانفعال وانفعال الشد الصافي

4-3-7 المقاطع يسيطر عليها فشل الشد عندما يكون انفعال الشد الصافي في حديد الشد الاقصى (εt) مساويا او يزيد على (0.005) حينما تصل خرسانة الانضغاط حد انفعالها المفروض والمساوي الى (0.003).

7-3-5 عناصرالانحناء غير مسبقة الاجهاد و العناصر غير مسبقة الاجهاد بحمل انضغاط محوري م عامل اقل من (0.10f'cAg) فان قيمة (ε t) عند المقاومة الاسمية يجب ان لا تقل عن (0.004).

7-3-5-1 يسمح باستعمال تسليح انضغاط بالترافق مع تسليح شد اضافي لزيادة مقاومة عناصر الانضغاط.

7-3-6 يجب ان لا تزيد المقاومة المحورية التصميمية (ΦP_n) على ($\Phi P_{n,max}$) المحتسبة بالمعادلة (7-2) او(7-3).

7-3-6-1 للعناصر غير مسبقة الاجهاد والتي لها تسليح حلزوني مطابق للفقرة (4-5-9-1) او عناصر مركبة مطابقة للفقرة (7-13).

$$\Phi P_{n,max}=0.85\ \Phi\ [0.85f_{c'}\ (A_g-A_{st})+f_yAst] \quad \text{(7-2)...}$$

7-3-6-2 للعناصر غير المسبقة الاجهاد والتي لها تسليح مطابق للفقرة (4-5-9-2)

$$\Phi P_{n,max}=0.80\ \Phi\ [0.80f_{c'}\ (A_g-A_{st})+f_yAst] \quad \text{(7-3)...}$$

7-3-6-3 يجب ان تصمم العناصر المعرضة لحمل انضغاط محوري لأقصى عزم يمكن ان يترافق مع الحمل المحوري ويجب ان لا يزيد الحمل المحوري المعامل (P_u) عند لا تمركزيةمعينة عن القيمة المحددة في الفقرة (7-3-6). كما ويجب تكبير العزم الاقصى (M_u) لأخذ تأثيرات النحافة بموجب الفقرة (7-10).

7-4 المسافة بين المساند الجانبية لعناصر الانحناء :
(Distance Between Lateral Supports of Flexural Members)

7-4-1 يجب ان لا يزيد التباعد بين المساند الجانبية للعتبات عن (50) مرة عرض الجناح اوالعرض الادنى لشفة او وجه الانضغاط.

7-4-2 يتوجب الاخذ بنظر الاعتبار تأثيرات اللامركزية الجانبية للأحمال عند تحديد مسافات التباعد للمساند الجانبية.

7-5 التسليح الادنى لعناصر الانحناء : (Minimum Reinforcement of Flexural Members)

7-5-1 يجب ان لا تقل مساحة حديد التسليح المتوفرة (As) في كل مقطع لعنصر الانحناء باستثناء ما ورد في الفقرات (7-5-2)، (7-5-3)، (7-5-4) عن ما يلي:

$$A_{s,min}=\frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y}b_w\ d \quad \text{(4-7)...}$$

على ان لا تقل عن $(1.4\ b_w\ d/f_y)$.

7-5-2 للعناصر المحددة ستاتيكياً وعندما تكون الشفة في الشد فان (As,min) يجب ان لا تقل عن القيمة المذكورة في المعادلة (7-4)، باستثناء ذلك فيتم استبدال (bw) بـ (2bw) او عرض الشفة ايهما اقل.

7-5-3 لا يتوجب الايفاء بمتطلبات الفقرتين (7-5-1) و(7-5-2) اذا كانت (As) المستعملة تزيد بما لا يقل عن ثلث ما مطلوب بموجب التحليل.

7-5-4 في البلاطات الانشائية والاسس ذات السمك المنتظم فان (As,min) باتجاه الفضاء يجب ان تساوي تلك المطلوبة بموجب الفقرة (4-5-11-3). ويجب ان لا تزيد مسافة التباعد العظمى لهذا التسليح عن (3) مرات السمك ولا عن (450 مم).

7-6 توزيع تسليح الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد
(Distribution of Flexural Reinforcement in Beams and One-Way Slabs)

7- 6-1تصف هذه الفقرة قواعد توزيع تسليح الانحناء للسيطرة على تشققات الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد.

7-6-2 يكون توزيع تسليح الانحناء في البلاطات العاملة بلتجاهين بموجب متطلبات الفقرة (10-2).

7-6-3 يجب ان يوزع بأنتظام تسليح شد الأنحناء في مناطق الشد الأقصى للانحناء الناتج عن الأنحناء وحسب متطلبات الفقرة (7-6-4).

7-6-4 يجب ان لا تتجاوز مسافة التباعد للتسليح الأقرب لوجة الشد (s) عن تلك التي تحسب بما يلي:

$$380\left(\frac{280}{f_s}\right) - 2.5c_c \qquad \text{(5-7)...}$$

على ان لا تتجاوز $300(280/f_s)$.

حيث ان:

cc: المسافة الدنيا محسوبة من سطح حديد التسليح الى وجه الشد (الغطاء الصافي لحديد التسليح).

وفي حالة وجود قضيب او سلك واحد فقط اقرب الى وجه الشد الأقصى فان sالمستخدمة في المعادلة اعلاه تساوي عرض وجه الشد الاقصى.

يجب انيحسب اجهاد الشد الأقرب لوجه الشد وتحت احمال التشغيل اعتماداً على العزوم غير المعاملة، ويسمح بأخذ قيمة (fs) مساوية لـ (2/3 fy).

7-6-5 المتطلبات الواردة في الفقرة (7-6-4) غير كافية للمنشأت المعرضة لظروف قاسية جداً او مصممة لتكون مانعة لنفاذ الماء (watertight) حيث من اللازم اخذ تحريات واحتياطات خاصة بأجراء تجارب على نماذج خرسانية معرضة لنفس ظروف التعرض القاسية في الموقع و التي تتعلق بنوعية الخرسانة و طريقة الرص و غطاء الخرسانة.

7-6-6 عندما تكون اجنحة العتبة بشكل (T) للمنشأ في الشد، يجب ان يوزع جزء من تسليح شد الانحناء في العرض الفعال للجناح كما محدد بالفقرة (8-12) او عرض يساوي (1/10) من الفضاء ايهما اقل. اذا

كان العرض الفعال للجناح يزيد على (1/10) من الفضاء ، فيجب توفير تسليح طولي في الجزئين الخارجيين من الجناح.

7-6-7 عندما يتجاوز ارتفاع العتبة او العتبة الثانوية (Joist) (900مم) فيجب توزيع تسليح طولي سطحي (longitudinal skin reinforcement) بأنتظام على طول الوجهين الجانبيين للعضو وعلى مسافة(0.5h) من وجه الشد، وتطبق متطلبات مسافة التباعد الواردة في الفقرة (7-6-4).
حيث ان:
cc: اقل مسافة من سطح التسليح السطحي الى الوجه الجانبي للعنصر :
ويمكن تضمين هذا التسليح في حسابات المقاومة في حالة اجراء تحليل توافق الأنفعالات لتحديد الأجهاد في القضبان المنفردة او الأسلاك.

7-7 العتبات العميقة : (Deep Beams)

7-7-1 العتبات العميقةهي عناصر محملة على احد الاوجه ومسندة على الوجه المقابل بحيث يمكن ان تتولد دعائم انضغاط (Compression Strut) بين الاحمال والمساند وتمتلك اما:
أ) فضاءات صافية (ℓ_n) تساوي او تقل عن اربع مرات العمق الكلي للعنصر، او
ب) مناطق مع احمال مركزة ضمن عمق العنصر من وجه المسند.
ينبغي تصميم العتبات العميقة امابالاخذ بنظر الاعتبار التوزيع اللاخطي للانفعال او تصمم بالاعتماد على الملحق أ مع الاخذ بالاعتبار تاثير الانبعاج الجانبي(lateral buckling).

7-7-2 يتم احتساب (V_n) للعتبات العميقة بموجب الفقرة (8-6).

7-7-3 يجب ان تكون المساحة الدنيا لتسليح شد الانحناء متوافق مع متطلبات الفقرة (7-5).

7-7-4 يجب ان يكون التسليح الافقي والشاقولي الادنى على الاوجه الجانبية للعتبات العميقة يفي بمتطلبات الفقرات (أ-3-3) او (8-6-4) او (8-6-5).

7- 8 الابعاد التصميمية لعناصر الانضغاط :
(Design Dimensions for Compression Members)

7-8-1 عناصر الانضغاط المنفردة (Isolated) بتسليح حلزوني متعدد:
يجب ان تؤخذ الحدود الخارجية للمقطع العرضي الفعال لعنصر الانضغاط مسلح بأثنين او اكثر من الحلزونات المتداخلة (interlocking spirals)على مسافة خارج الحدود القصوى للحلزون تساوي الغطاء الخرساني الادنى اللازم توفيره بموجب الفقرة (7-5-4).

7- 8-2 عناصر الانضغاط المصبوبة سويةً مع جدار:
يجب ان لا تزيد الحدود الخارجية للمقطع العرضي الفعال لعنصر الانضغاط المسلح حلزونياً او برباطات ومصبوب سويةً مع جدار خرساني او مع دعامة (Pier) عن (40 مم) خارج تسليح الحلزون او الرباط.

7- 8-3 عنصر الانضغاط الدائري المكافئ:
يسمح كبديل لاستعمال المساحة الاجمالية بالكامل لتصميم عنصر انضغاط له مقطع عرضي مربع او مثمن او أي شكل اخر باستعمال مقطع دائري بقطر يساوي اقل بعد جانبي للمقطع الفعلي ويجب ان

تعتمد حسابات المساحة الاجمالية للمقطع الماخوذ بنظر الاعتبار ونسبة التسليح اللازم توفيرها والمقاومة التصميمية على ذلك المقطع الدائري.

7- 8-4 حدود المقطع:
يسمح لعنصر الانضغاط بمقطع اكبر من متطلبات الاحمال باعتماد الحد الادنى للتسليح والمقاومة على مساحة فعالة منخفضة (Ag) لاتقل عن نصف المساحة الكلية . لاتطبق هذه الاشتراطات على الهياكل الانشائية الخاصة او الجدران الانشائية الخاصة والمصممة بموجب متطلبات الهزات الارضية والزلازل.

7- 9 حدود التسليح لعناصر الانضغاط :
(Limits for Reinforcement of Compression Members)

7- 9-1 يجب ان لاتقل مساحة حديد التسليح الطولي Ast لعناصر الانضغاط غير المركبة عن (0.01 Ag) ولاتزيد عن (0.08 Ag) .

7- 9-2 يجب ان لايقل عدد قضبان التسليح الطولية عن (4) قضبان ضمن رباطات مستطيلة او دائرية ولا يقل عن (3) قضبان ضمن رباطات مثلثة الشكل و (6) قضبان محصورة بحلزونات بموجب الفقرة (7-9-3).

7-9-3 يجب ان لاتقل النسبة الحجمية للتسليح الحلزوني (ρs)عن المقدار ادناه :

$$\rho_s = 0.45\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f'_c}{f_{yt}} \qquad (6\text{-}7)...$$

ويجب ان لاتتجاوز قيمة (f_{yt}) المستعملة في المعادلة اعلاه عن (700) ميكاباسكال وعندما تزيد (f_{yt}) عن (420) ميكاباسكال يجب ان لا تستخدم وصلات التراكب طبقا للفقرة (4-5-9-1-5-أ)

7-10 تأثيرات النحافة في عناصر الانضغاط :
(Slenderness Effects in Compression Members)

7-10-1 يمكن اهمال تأثيرات النحافة في الحالات التالية:
أ) لعناصر الانضغاط غير المدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي (not braced against sidesway) وعندما تكون:

$$\frac{k\ell_u}{r} \le 22 \qquad (7\text{-}7)...$$

ب) لعناصر الانضغاط المدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي (braced against sidesway) وعندما تكون:

$$\frac{k\ell_u}{r} \le 34 - 12\left(M_1/M_2\right) \le 40 \qquad (8\text{-}7)...$$

حيث ان (M_1/M_2) موجبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مفرد (single curvature) وتكون سالبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مزدوج (double curvature).
ويسمح باعتبار عناصر الانضغاط مدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي عندما تكون الجساءة الكلية لعناصر التدعيم والتي تقاوم الحركة الجانبية لذلك الطابق لاتقل عن (12) مرة من الجساءة الاجمالية للاعمدة في ذلك الطابق.

7-10-1-1يتم اعتبار الطول غير المدعم لعناصر الانضغاط (ℓu) في اي اتجاه مساوياً للمسافة الصافية بين بلاطات الطوابق او العتبات او العناصر الاخرى التي لها القابلية لتوفير تدعيم جانبي في ذلك الاتجاه. عندما تكون الاعمدة ذات تيجان او اكتاف فيتم قياس (ℓu) من اسفل حافة التاج او الكتف في المستوي المعني.

7-10-1-2 يسمح باعتبار نصف قطر التدويم (r) للمقاطع المستطيلة مساوياً الى (0.3h) حيث (h) تمثل المقاس الكلي لمقطع العمود باتجاه احتساب الاستقرارية ومساوياً الى (0.25d) للمقاطع الدائرية التي قطرها يساوي (d). اما بالنسبة للمقاطع الاخرى فيسمح بحساب نصف قطر التدويم (r) لمقطع الخرسانة الاجمالي.

7-10-2 عند عدم اهمال تأثيرات النحافة ضمن السماحات الواردة في الفقرة (7-10-1) يكون تصميم عناصر الانضغاط والعتبات المقيدة وعناصر التدعيم الاخرى معتمداً على مقدار القوى والعزوم المعاملة والمحسوبة استناداً الى التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية والذي يستوفي متطلبات الفقرات (7-10-3) و (7-10-4) او (7-10-5). كما ويجب ان تستوفي هذه العناصر المتطلبات الواردة في الفقرات (7-10-2-1) و (7-10-2-2).

7-10-2-1 ينبغي ان لا تزيد نسبة العزم شاملاً التأثير اللاخطي من الدرجة الثانية الى العزم المحسوب استناداً للتحليل الخطي من الدرجة الاولى عن (1.4) لعناصر الانضغاط وعتبات التدعيم او العناصر الانشائية الاخرى.

7-10-2-2 يتم اعتبار تأثيرات التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية على طول عناصر الانضغاط كما ويمكن السماح باحتساب هذه التأثيرات بأستخدام طريقة تكبير العزوم (moment magnification) الواردة في الفقرة (7-10-6).

7-10-3 التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية (Nonlinear Second- Order Analysis)
عند استخدام التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية يجب الاخذ بنظر الاعتبار التصرف اللاخطي للمواد وتقوس العنصر والانحراف الجانبي ومدة التحميل والانكماش والزحف وطريقة ربط الاعمدة مع الاسس.

7-10-4 التحليل المرن من الدرجة الثانية (Elastic Second Order Analysis)
يجب الاخذ بنظر الاعتبار تأثير الاحمال المحورية ووجود مناطق متشققة على طو ل عنصر الانضغاط وتأثير مدة التحميل في تحديد خصائص مقطع العمود عند استخدام التحليل المرن من الدرجة الثانية.

7-10-4-1 يسمح باستخدام الخصائص التالية للعناصر في المنشأ:
أ) معامل المرونة (E_c) من الفقرة (5-5-1).
ب) عزم القصور الذاتي (I)
عناصر الانضغاط:
الاعمدة .... 0.70 Ig

الجدران- غير متشققة..0.70 Ig

الجدران- متشققة..0.35 Ig

عناصر الانحناء:

العتبات..0.35 Ig

البلاطات المسطحة والبلاطات ذات التيجان...................................0.25 Ig

ج) المساحة..0.10 Ag

7-10-4-2 عند وجود احمال جانبية دائمية فان عزم القصور الذاتي I لعناصر الانضغاط يتم احتسابها وذلك بتخفيضها بمقدار ($\frac{1}{\beta_{ds}}$)

حيث ان:

β_{ds} : هي نسبة القص الدائمية المعاملة ضمن طابق معين الى قوى القص المعاملة العظمى في ذلك الطابق المحسوبة على نفس تجميعات الاحمال على ان لاتزيد قيمة النسبة عن (1.0).

7-10-5 طريقة تكبير العزوم (Moment Magnification Procedure):

ينبغي تصنيف الاعمدة والطوابق في المنشآت استناداً الى كونها مدعمة جانبياً او غير مدعمة . يتم تصميم الاعمدة في الهياكل او الطوابق المدعمة جانبياً بموجب متطلبات الفقرة (7-10-6). اما الاعمدة غير المدعمة جانبياً فيتم تصميمها بموجب الفقرة (7-10-7).

7-10-5-1 يسمح بافتراض بان العمود في المنشأ مدعم جانبياً اذا كانت الزيادة في العزوم المتولدة عند نهايات الاعمدة والمحسوبة باستخدام التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية لا تزيد عن (5%) من تلك المحسوبة بطرق التحليل الخطي من الدرجة الاولى.

7-10-5-2 كما ويسمح بافتراض ان الطابق ضمن المنشأ مدعم جانبياً اذا كان مؤشر الاستقرارية (Q) مساوي لـ

$$Q = \frac{\sum P_u \Delta_\circ}{V_{us} \ell_c} \leq 0.05 \qquad (9\text{-}7)...$$

حيث ان:

$\sum P_u$ و V_{us} تمثلان الحمل الشاقولي الكلي والقص الافقي للطابق على التوالي للطابق المعني باحتساب مؤشر الثبات.

Δo : تمثل الانحراف الجانبي بين اعلى واسفل الطابق تحت تأثير(V_{us}) باستخدام التحليل الخطي من الدرجة الاولى.

7-10-6 طريقة تكبير العزم- الحالة المدعمة :

(Moment Magnification Procedure- Nonsway)

يتم تكبير عناصر الانضغاط تحت تأثير القوى المحورية الم عاملة Pu والعزوم المعاملة المكبرة Mc لتشمل تأثير تقوس العنصر،

حيث ان:

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \qquad (10\text{-}7)...$$

حيث ان :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75 P_c}} \geq 1.0 \qquad (11\text{-}7)...$$

و ان :

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k\ell_u)^2} \quad (12\text{-}7)...$$

7-10-6-1 تؤخذ قيمةEI كالتالي:

$$EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_{se})}{1+\beta_{dns}} \quad (13\text{-}7)...$$

او

$$EI = \frac{0.4E_c I_g}{1+\beta_{dns}} \quad (14\text{-}7)...$$

7-10-6-2 يمثل المعامل (β_{dns}) نسبة الحمل المحوري الدائم المعامل الاقصى الى الحمل المحوري المعامل الاقصى والمعتمد على نفس تجميعات الاحمال على ان لا تزيد قيمة (β_{dns}) عن (1.0).

7-10-6-3 يسمح باعتبار مقدار معامل الطول الفعال (k) مساوياً الى (1.0).

7-10-6-4 للعناصر غير المعرضة لاحمال جانبية بين المساند، تؤخذ قيمة(C_m) كالتالي:

$$C_m = 0.6 + 0.4\frac{M_1}{M_2} \quad (15\text{-}7)...$$

حيث ان ($\frac{M_1}{M_2}$) موجبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مفرد (single curvature) وتكون سالبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مزدوج (double curvature). للعناصر المعرضة لاحمال جانبية بين المساند فيتم اعتبار قيمة (C_m) مساوية لـ (1.0).

7-10-6-5 يجب ان لا تقل قيمة (M_2) الواردة في المعادلة (7-12) عن:

$$M_{2,min} = P_u(15 + 0.75h) \quad (16\text{-}7)...$$

حول المحاور بشكل منفصل.
للعناصر التي تتجاوز فيها قيمة ($M_{2,min}$) قيمة (M_2) فتؤخذ قيمة (C_m) مساوية لـ (1.0) في المعادلة (7-16) او يتم احتسابها بالاستناد الى النسبة بين العزوم عند نهايات العمود.

7-10-7 طريقة تكبير العزوم - الحالة غير المدعمة (Moment Magnification Procedure- Sway)

يتم احتساب العزوم (M_1) و (M_2) عند نهايات عنصر الانضغاط المفرد كالتالي:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad (17\text{-}7)...$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad (18\text{-}7)...$$

حيث ان (δ_s) تحسب وفق الفقرات (7-10-7-3) او (7-10-7-4).

7-10-7-1 يتم تصميم عناصر الانحناء للعزوم المكبرة الكلية عند نهايات عنصر الانضغاط في المفاصل.

7-10-7-2 يتم احتساب قيمة معامل الطول الفعال (k) باستخدام قيم (Ec) و (I) الواردة في الفقرة (7-10-4) على ان لا تقل عن (1.0).

7-10-7-3 يتم احتساب معامل تكبير العزم (δ_s) من العلاقة التالية:

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \qquad \text{(19-7)...}$$

اذا تجاوزت قيمة (δ_s) عن (1.5) فيتم احتسابها وفقاً للفقرة (7-10-7-4).

7-10-7-4 يسمح بحساب قيمة (δ_s) كالتالي:

$$\delta_s = \frac{1}{1-\frac{\sum P_u}{0.75\sum P_c}} \geq 1 \qquad \text{(20-7)...}$$

حيث ($\sum P_u$) يمثل مجموع الاحمال الشاقولية المعاملةفي الطابق و ($\sum P_c$) يمثل مجموع مقاومة الاعمدة في الطابق وقيمة (P_c) تحسب من المعادلة (7-14) باعتبار قيمة معامل الطول الفعال k من الفقرة (7-10-7-2) و (EI) من الفقرة (7-10-6-1).

7- 11 العناصر المحملة محورياً والساندة لانظمة البلاطات

(Axially Loaded Members Supporting Slab Systems)

يجب ان تصمم العناصر المحملة محورياً والساندة لانظمة البلاطات والمحددة بالفقرة (13-1) بموجب متطلبات هذا الفصل وبموجب المتطلبات الاضافية في الفصل الخاص بالبلاطات العاملة باتجاهين.

7- 12 انتقال احمال الاعمدة خلال انظمة الارضيات :

(Transmission of Columns Loads through Floor Systems)

يجب ان يتم انتقال الحمل خلال نظام الارضية بموجب متطلبات الفقرة (7-12-1) أو(7-12-2) عندما تكون مقاومة الانضغاط لخرسانة العمود ($f\ 'c$) اكبر من (1.4) مرة مقاومة انضغاط مقاومة الارضية.

7- 12-1 يجب وضع خرسانة العمود والتي لها مقاومة محددة في الطابق في موضع العمود. ويجب ان تمتد خرسانة السطح العلوي للعمود المستخدم في البلاطة (600 مم) من وجه العمود يجب ان تكون خرسانة العمود متداخلة مع خرسانة البلاطة ويتم صبها بموجب متطلبات الفقرتين (4-4-6) و(4-4-7).

7-12- 2 لإغراض التصميم يجب ان لا تزيد النسبة بين مقاومة خرسانة العمود الى مقاومة خرسانة البلاطة عن (2.5).

7-13 عناصر الانضغاط المركبة : (Composite Compression Members)

7-13-1 تشمل عناصر الانضغاط المركبة كافة العناصر المسلحة طولياً بمقاطع فولاذية إنشائية أو انابيب حديدية مع او بدون قضبان الطولية.

7-13-2 تحسب مقاومة العنصر المركب لنفس الظروف المح ددة والمطبقة على عناصر الخرسانة المسلحة الاعتيادية.

7-13-3 تنقل الأحمال المحورية في العنصر المركب بواسطة عناصر او أكتاف بتحميل مباشرعلى الخرسانة.

7-13-4 تتنقل جميع الأحمال المحورية غير المطبقة على خرسانة العنصر المركب بواسطة الربط المباشر مع مقاطع الفولاذ الإنشائية أو الأنابيب.

7-13-5 لتقييم تأثيرات النحافة (slenderness effects) يجب ان لا يزيد نصف قطر التدويم (r) عن القيمة المبينة في المعادلة التالية:

$$r = \sqrt{\frac{(E_c I_g/5) + E_s I_{sx}}{(E_c A_g/5) + E_s A_{sx}}} \qquad \text{...(7- 21)}$$

و لحسابات بديلة أكثر دقة يتم حساب (EI) الواردة في المعادلة (7-12) اما بموجب المعادلة (7-13) او كالتالي:

$$EI = \frac{(E_c I_g/5)}{1+\beta_d} + E_s I_{sx} \qquad \text{...(7- 22)}$$

7-13-6 لب الخرسانة المحصور بفولاذ انشائي (Structural Steel Encased Concrete Core):

7-13-6-1 ينبغي أن لا يقل سمك فولاذ التغليف في العنصر المركب عن القيمتين الواردتينفي ادناه:

$$b = \sqrt{\frac{f_y}{3E_s}} \qquad \text{...(7-23)}$$

لكل وجه بعرض b

$$b = \sqrt{\frac{f_y}{8E_s}} \qquad \text{...(7-24)}$$

للمقاطع الدائرية بقطر h

7-13-6-2 يسمح باستخدام القضبان الطولية الواقعة ضمن لب الخرسانة المغلف في احتساب (A_{sx}) و(I_{sx}).

7-13-7 التسليح الحلزوني حول المقطع الفولاذي الإنشائي
(Spiral Reinforcement around Structural Steel Core)
يجب أن يلبي العنصر المركب المسلح بتسليح حلزوني حول المقطع الفولاذي الإنشائي المتطلبات الواردة في الفقرات (7-13-7-1) إلى (7-13-7-4).

7-13-7-1 تكون مقاومة الخضوع التصميمية للمقطع الفولاذي مساوية إلى مقاومة الخضوع الدنيا المحددة لصنف المقطع الفولاذي المستخدم بشرط أن لا تزيد عن (350) ميكاباسكال.

7-13-7-2 ينبغي أن يلبي حديد التسليح الحلزوني المتطلبات الواردة في الفقرة (7-9-3).

7-13-7- 3 يجب ان لا تقل مساحة القضبان الطولية الواقعة ضمن التسليح الحلزوني عن (0.01) و لا تزيد عن (0.08) من المساحة الصافية للمقطع الخرساني.

7-13-7-4 يسمح باستخدام القضبان الطولية الواقعة ضمن التسليح الحلزوني في احتساب (A_{sx}) و(I_{sx}).

7-13-8 تسليح الرباطات حول لب المقطع الفولاذي الإنشائي :
(Tie Reinforcement around Structural Steel Core)
ينبغي أن يلبي المقطع المركب المسلح برباطات مستعرضة حول لب المقطع الفولاذي الإنشائي المتطلبات الواردة في الفقرات (7-13-8-1) إلى (7-13-8-7).

7-13-8-1 تكون مقاومة الخضوع التصميمية للمقطع الفولاذي الانشائي مساوية إلى مقاومة الخضوع الدنيا المحددة لصنف المقطع الفولاذي المستخدم بشرط أن لا تزيد عن (350) ميكاباسكال.

7-13-8-2 ينبغي أن تمتد الرباطات المستعرضة بالكامل حول لب الفولاذ الإنشائي.

7-13-8-3 يجب ان لا يقل قطر الرباطات المستعرضة عن (0.02) مرة اكبر بعد جانبي للعنصر المركب، على ان لا يقل قطر الرباطات عن (10 مم) وان لا يزيد عن (16مم). ويسمح باستخدام اسلاك تسليح ملحومة ذات مساحة مكافئة.

7-13-8-4 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد العمودية عن (16) مرة قطر القضبان الطولية وعن (48) مرة قطر قضيب الرباط المستعرض او عن نصف مقاس البعد الاقل للعنصر المركب.

7-13-8-5 يجب ان لا تقل نسبة حديد التسليح الطولي ضمن الرباطات عن (0.01) ولا تزيد عن (0.08) من المساحة الصافية للمقطع الخرساني.

7-13-8-6 يجب وضع قضيب حديد طولي في كل زاوية من زوايا المقطع الخرساني المستطيل الشكل على ان لا تزيد مسافة التباعد بين القضبان الطولية عن نصف مقاس البعد الاصغر للعنصر المركب.

7-13-8-7 يسمح باستخدام قضبان التسليح الطولية ضمن الرباطات في حساب (A_{sx}) و(I_{sx}).

7-14 مقاومة التحميل : (Bearing Strength)

يجب ان لا تزيد مقاومة التحميل التصميمية للخرسانة عن (0.85**Error! Bookmark not defined.** *f'c* A*1***Error! Bookmark not defined.**)Ø عدا الحالة التي يكون فيها سطح الاسناد في كافة الجوانب اعرض من المساحة المحملة، عندئذ يسمح بضرب مقاومة التحميل التصميمية للمساحة المحملة بالمقدار ($\sqrt{A_1/A_2}$) على ان لا تزيد عن (2).

الفصل الثامن
القص واللي
Shear and Torsion

1-8 مقاومة القص :(Shear Strength)

1-1-8 بلستثناء العناصر الإنشائية المصممة بموجب الملحق (أ) من هذه المدونة, تصمم المقاطع الإنشائية المعرضة لقوى القص بموجب العلاقة:

$$\phi Vn \geq Vu \quad (1\text{-}8)...$$

حيث أن (V_u) هي قوة القص المعاملة في المقطع المأخوذ بنظر الاعتبار و (V_n) هي مقاومة القص الاسمية (nominal shear strength) المحسوبة من العلاقة:

$$V_n = V_c + V_s \quad (2\text{-}8)...$$

حيث أن (V_c) هي مقاومة القص الاسمية التي توفرها الخرسانة محسوبة وفقاً للفقرة (8-2) أو الفقرة (8−10). أما (V_s) فتمثل مقاومة القص الاسمية التي يوفرها حديد التسليح محسوبة وفقاً للفقرتين (8−3) و (8−8−8) أو الفقرة (8−10).

1-1-1-8 عند تحديد قيمة (V_n) يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار تأثير وجود أي فتحات (openings) في العناصر الإنشائية.

2-1-1-8 عند تحديد قيمة (V_c) يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار (حيثما كان ذلك قابلا للتطبيق) تأثيرات قوى الشد المحورية الناتجة عن الزحف والانكماش في العناصر الإنشائية المقيدة . كما ينبغي تضمين تأثيرات قوى الانضغاط المائلة الناتجة عن الانحناء في العناصر الإنشائية ذات العمق المتغير.

2-1-8 يجب أن لا تزيد قيم $\sqrt{f'_c}$ المستخدمة في هذا الفصل عن (8.3) نت/مم2.

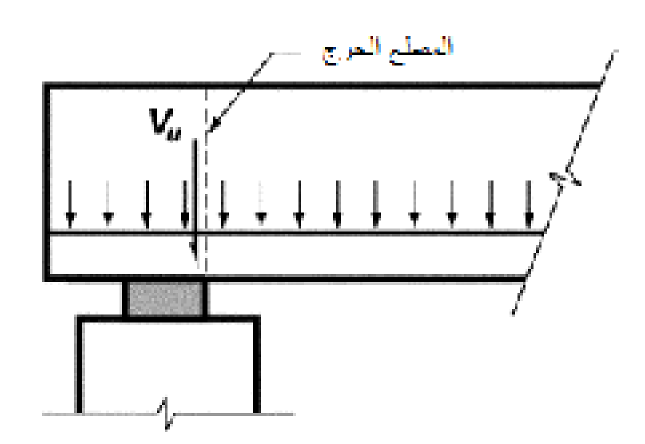
8−1−3 ينبغي حساب القيمة العظمى لـ (V_u) عند مساند العناصر الخرسانية غير مسبقة الإجهاد (اما بخصوص العناصر الخرسانية مسبقة الاجهاد فان تصاميم القص تتم بموجب متطلبات المدونة العراقية للعناصر الخرسانية مسبقة الإجهاد) وفقا للفقرة (8−1−3−1) إذا توفرت جميع الاشتراطات الواردة في أدناه:

أ -عندما تكون الأحمال مسلطة على السطح العلوي للعنصر الإنشائي أو بالقرب منه إما عندما تكون الأحمال مسلطة على الوجه الأسفل أو بالقرب منه فأن موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند كما مبين في الشكل (8-1).

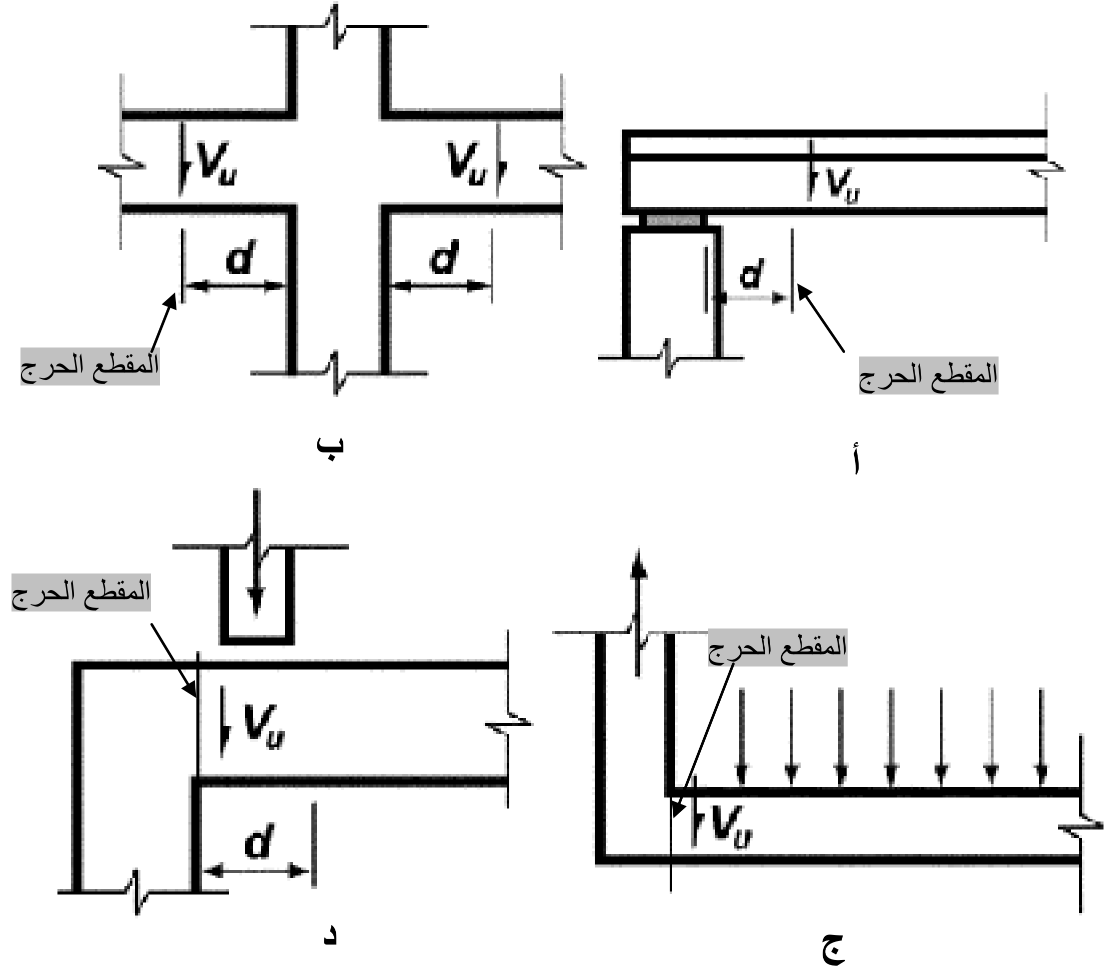
ب -عندما يولد رد فعل المسند باتجاه قوة القص المسلطة انضغاطاً في المناطق الطرفية (end regions) للعنصر الإنشائي اما عندما يولد رد فعل المسند باتجاه قوة القص المسلطة قوى شد في المناطق الطرفية فان موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند كما مبين في الشكل (8-2-ج).

ج -عندما لا يوجد حمل مركز (concentrated load) في المنطقة المحصورة بين وجه المسند وموقع المقطع الحرج (critical section) وفي حالة وجود حمل مركز بين وجه المسند والمقطع الحرج كما مبين في الشكل (8-2-د) فان موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند.

8-1-3-1 ينبغي أن تصمم المقاطع الحرجة (critical section) الواقعة على مسافة تقل عن (d) من وجه المسند للقوة (V_u) المحسوبة على مسافة (d) من وجه المسند كما مبين في الأشكال(8-2-أ) و (8-2- ب).



شكل (8-1) موقع المقطع الحرج للقص للعنصر المعرض لأحمال قرب الوجه الأسفل



شكل (8−2) حالات المساند المختلفة لاختيار الموقع الحرج لقوة القص المعاملة V_u

4-1-8 يجب تطبيق المتطلبات الخاصة الواردة في الفقرات من (8−6) إلى (8−10) على العتبات العميقة (deep beams) والكتائف (brackets) والطنف (corbels) والجدران (walls) والبلاطات (slabs) والأسس (foundations).

2-8 مقاومة القص التي توفرها الخرسانة: (Shear Strength Provided by Concrete)

1-2-8 ينبغي أن تحسب مقاومة القص التي توفرها الخرسانة (V_c) بموجب متطلبات الفقرات من (8−2−1−1) إلى (8−2−1−3) إلا إذا استخدمت حسابات أكثر تفصيلاً وفقاً للفقرة (8−2−2). كما ينبغي اعتماد قيمة المعامل λ .**Error! Bookmark not defined.** الواردة في جميع فقرات هذا الفصل بموجب متطلبات الفقرة (8−5) يستثنى من ذلك المتطلبات الواردة في الفقرة (5−6−1).

1-1-2-8 تحسب قيمة(V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وعزوم انحناء فقط بموجب العلاقة:

$$V_c = \lambda\sqrt{f_c'}\,\frac{b_w d}{6} \qquad \text{(3-8)...}$$

8-2-1-2 في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى انضغاط محورية

$$V_c = \left(1+\frac{N_u}{14A_g}\right)\lambda\sqrt{f_c'}\,\frac{b_w d}{6} \qquad \text{(4-8) ...}$$

في هذه العلاقة يجب قياس قيمة الحد (N_u/ A_g) بـ نت/مم2 وان تكون إشارة (N_u) موجبة.

8-2-1-3 في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى شد محورية محسوس تعتبر قيمة (V_c) مساوية إلى الصفر إلا إذا تطلب الأمر إجراء حسابات أكثر دقة باستخدام الفقرة (8−2−2−3).

8-2-2 يمكن حساب مقاومة القص التي توفرها الخرسانة(V_c) باستخدام الحسابات التفصيلية بموجب الفقرات من (8−2−2−1) إلى (8−2−2−3).

8-2-2-1 يمكن حساب قيمة (V_c) في المقاطع الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وعزوم انحناء فقط باستخدام العلاقة:

$$Vc = (16\lambda\sqrt{f_c'} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d \qquad \text{(5-8) ...}$$

في العلاقة (8−5) يجب أن لا تتجاوز (V_c) المقدار ($0.29\lambda\sqrt{f_c'}b_w d$)وأن لا يزيد الحد *($V_u$ d/ M_u)* عن (1.0) حيث إن (M_u) هو العزم الذي يتزامن مع القوة (V_u) عند تسليطها على المقطع المأخوذ بنظر الاعتبار.

8-2-2-1 ينبغي حساب (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى انضغاط باستخدام العلاقة (8−5) مع استبدال قيمة العزم (M_u) بالعزم (M_m) المعرف بالعلاقة (8-6) وفي هذه الحالة يمكن للحد *($V_u d/M_u$)* أن يكون أكبر من (1.0)

$$Mm = Mu - (\frac{4h-d}{8}) \qquad \text{(6-8) ...}$$

في هذه الحالة يجب أن لا تتجاوز (V_c) المقدار التالي:

$$Vc = 0.29\lambda\sqrt{f_c^{'}}b_w d\sqrt{1+\frac{0.29N_u}{A_g}} \quad \text{... (7-8)}$$

في هذه العلاقة يجب قياس الحد (N_u/A_g) بـ نت/مم2 وعندما تكون قيمة (M_m) المحسوبة بموجب العلاقة (8−6) سالبة في هذه الحالة يجب حساب (V_c) باستخدام العلاقة (8−7).

3-2-2-8 تحسب قيمة (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوة قص وقوة شد محورية محسوسة باستخدام العلاقة:

$$V_c = 0.17\left(1+\frac{0.29N_u}{A_g}\right)\lambda\sqrt{f_c'}b_w d \quad \text{... (8-8)}$$

يجب أن لا تكون قيمة (V_c) المحسوبة بموجب هذه العلاقة أقل من الصفر . كما ينبغي أن تؤخذ قيمة قوة الشد (Nu) سالبة وتكون وحدات الحد (N_u/A_g) بـ نت/مم2.

3-2-8 في العناصر الخرسانية الدائرية يجب أن تؤخذ المساحة لإيجاد قيمة (V_c) على إنها حاصل ضرب قطر المقطع في العمق الفعال (effective depth) للمقطع الخرساني كما يمكن اعتبار قيمة العمق الفعال (d) مساوية إلى ثمانية أعشار قطر المقطع.

3-8 مقاومة القص التي يوفرها حديد تسليح القص :
(Shear Strength Provided by Shear Reinforcement)

1-3-8 انواع حديد تسليح القص (Types of Shear Reinforcement)

1-1-3-8 يمكن استخدام حديد تسليح القص المؤلف من الأنواع التالية:

أ - الأطواق (stirrups) المتعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.

ب -شبكات أسلاك التسليح الملحومة (welded wire reinforcement) والتي تكون فيها الأسلاك متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.

ج -حديد تسليح حلزوني (spirals) أو رباطات دائرية (circular ties).

2-1-3-8 كذلك يمكن أن يتألف حديد تسليح القص للعناصر الخرسانية من الأنواع التالية:

أ - الأطواق (stirrups) التي تصنع زاوية مقدارها (45 درجة) أو أكثر مع حديد تسليح الشد الطولي للعنصر الخرساني.

ب -حديد التسليح الطولي ذو جزء مثني (bent portion) بزاوية لا تقل عن (30°) مع حديد تسليح الشد الطولي للعنصر الخرساني.

ج -استخدام النوعين المبينين في (أ) و (ب) أعلاه سوية.

8-3-2 قيم الإجهادات (f_y) و(f_{yt}) المستخدمة في تصميم حديد تسليح القص يجب أن لا تتجاوز (420 نت/ مم2) ويستثنى من ذلك شبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة (welded deformed wire reinforcement) حيث يجب أن لا تتجاوز قيم (f_t) و(f_{yt}) (550) نت/مم2.

8-3-3 يجب أن تمتد الأطواق والقضبان والأسلاك المستخدمة كحديد تسليح قص إلى مسافة مساوية إلى العمق الفعال (d) مقاسة من ليف الانضغاط الأقصى (extreme compression fiber) كما ينبغي تثبيت حديد القص عند الطرفين وفقاً للفقرة (9−11).

8-3-4 حدود مسافات التباعد لحديد تسليح القص (Spacing Limits for Shear Reinforcement)

8-3-4-1 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد لحديد تسليح القص المتعامد مع المحور الطولي للعنصر الخرساني ($d/2$) أو (600 مم) أيهما أقل.

8-3-4-2 يجب أن تكون مسافة التباعد بين الأطواق المائلة و كذلك المسافة بين حديد التسليح الطولي المثني (longitudinal bent reinforcement) بحيث ان كل خط مائل بزاوية (45 درجة) يمتد نحو المسند مقاساً من منتصف عمق مقطع العنصر ($d/2$) باتجاه حديد تسليح الشد الطولي يجب أن يتقاطع مع خط واحد من حديد تسليح القص على الأقل.

8-3-4-3 يجب خفض حدود مسافات التباعد العظمى الواردة في الفقرتين (8−3−4−1) و (8−3−4−2) إلى النصف وذلك عندما تتجاوز قيمة (V_s) المقدار ($\sqrt{f'_c}b_w d/3$).

8-3-5 المساحات الدنيا لحديد تسليح القص (Minimum Area of Shear Reinforcement)

8-3-5-1 يجب توفير مساحة دنيا لحديد تسليح القص ($A_{v.min}$) في جميع العناصر الخرسانية المعرضة للانحناء عندما تتجاوز (V_u) قيمة الحد ($\phi V_c/2$) و يستثنى من ذلك العناصر التالية:

أ - البلاطات الصلدة (solid slabs) والأسس.

ب -الوحدات المجوفة (hollow core units) ذات عمق كلي غير مغطى

(total untopped depth) و لا يتجاوز (300 مم) وكذلك الوحدات المجوفة التي تكون فيها قيمة (V_u) لا تزيد عن ($0.5\phi V_c$).

ج -العوارض (joists) الخرسانية المعرفة بموجب الفقرة (5−13).

د - العتبات الخرسانية التي لا يتجاوز عمقها الكلي (h)عن (250 مم).

ه - العتبات الخرسانية المتكاملة (integral) مع البلاطات الخرسانية التي لا يزيد عمقها الكلي (h) عن (600 مم) وان يكون عمقها الكلي لا يتجاوز (2.5) سمك الشفة (flange) أو نصف عرض الوترة (web) أيهما أكبر.

8-3-5-2 عندما يكون توفير حديد القص واجباً وفقاً لمتطلبات الفقرة (8-3-5-1) أو وفقاً لمتطلبات المقاومة وعندما تسمح الفقرة (8-5-1) بإهمال عزوم اللي في هذه الحالة يجب أن تحسب المساحة الدنيا لحديد تسليح القص ($A_{v.min}$) بموجب العلاقة:

Error! Bookmark not defined. $$A_{v,\min} = 0.065\sqrt{f_c'}\,\frac{b_w S}{f_{yt}}$$ … (9-8)

مع مراعاة أن لا تقل المساحة ($A_{v.min}$) المحسوبة بموجب هذه العلاقة عن ($0.35\dfrac{b_w S}{f_{yt}}$)

8-3-6 تصميم حديد تسليح القص (Design of Shear Reinforcement)

8-3-6-1 عندما تتجاوز قيمة (V_u) مقاومة القص التي توفرها الخرسانة ($\O V_c$) في هذه الحالة يجب توفير حديد تسليح القص لتحقيق متطلبات العلاقتين(8-4) و (8-2) كما ينبغي أن تحسب قوة القص (V_s) التي يوفرها حديد تسليح القص وفقاً للفقرات من (8-3-6-2) إلى (8-3-6-9).

8-3-6-2 عندما يكون تسليح حديد القص متعامداً مع المحور الطولي للعنصر

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S} \quad \text{(10-8)…}$$

حيث أن (A_v) تمثل مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد (S).

8-3-6-3 عندما يتكون حديد تسليح القص من رباطات دائرية مستعرضة (circular ties) أو حديد تسليح حلزوني (spirals) في هذه الحالة ينبغي أن تحسب (V_s) بموجب العلاقة (8-10) حيث أن قيمة (d) معرفة بموجب الفقرة (8-2-3) للمقاطع الدائرية. كما و يجب أن تكون مساحة تسليح القص (A_v) في العناصر الدائرية ضمن مسافة التباعد (S) مساوية إلى ضعف مساحة مقطع الرباط الدائري (circular tie) المستعرض أو التسليح الحلزوني الم ستعرض. ويجب أن تقاس مسافة التباعد (S)

بالاتجاه الموازي لحديد التسليح الطولي كما يمثل (f_{yt}) إجهاد الخضوع في الرباط الدائري أوالتسليح الحلزوني.

8-3-6-4 عند استخدام أطواق مائلة كحديد تسليح للقص في هذه الحالة تحسب (V_s) بموجب العلاقة:

$$V_s = \frac{A_v f_y (\sin\alpha + \cos\alpha) d}{s} \qquad (11\text{-}8)\ldots$$

حيث أن (α) تمثل الزاوية المحصورة بين الطوق المائل والمحور الطولي للعنصر الخرساني وتقاس مسافة التباعد s في الاتجاه الموازي لحديد التسليح الطولي.

8-3-6-5 عندما يكون حديد تسليح القص مكونا من قضيب مفرد أو مجموعة مفردة من قضبان متوازية تثنى جميعها إلى الأعلى عند نفس البعد عن المسند في هذه الحالة تحسب مقاومة القص التي يوفرها حديد التسليح بموجب العلاقة:

$$V_s = A_v f_y \sin\alpha \qquad (12\text{-}8)\ldots$$

يجب أن لا تتجاوز قيمة (V_s) المحسوبة بموجب هذه العلاقة المقدار ($0.25\sqrt{f_c'} b_w d$) كما تمثل(α) الزاوية المحصورة بين القضبان المثنية إلى الأعلى والمحور الطولي للعنصر الخرساني.

8-3-6-6 عندما يكون حديد تسليح القص مكوناً من مجموعة من القضبان المتوازية المثنية أو مجاميع من قضبان التسليح المتوازية المثنية إلى الأعلى عند مسافات مختلفة عن المسند في هذه الحالة تحسب (V_s) بموجب العلاقة (8-12).

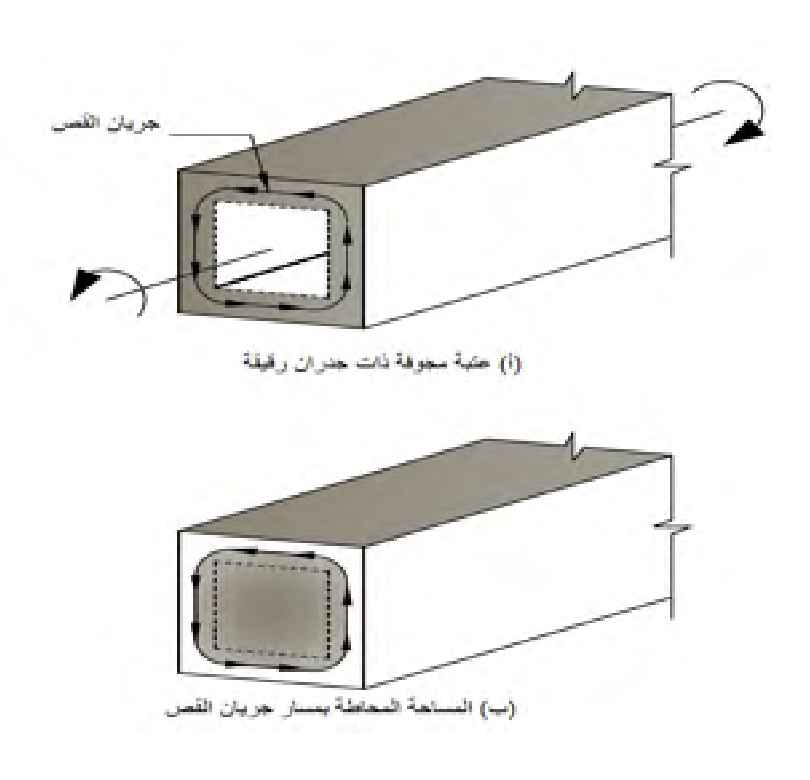
8-3-6-7 يعتبر الجزء المركزي الذي يمثل ثلاثة أرباع الطول المائل لأي قضيب منثني هو التسليح الفعال فقط لمقاومة القص.

8-3-6-8 عند استخدام أكثر من نوع واحد من حديد القص لتسليح نفس الجزء من العنصر الخرساني في هذه الحالة تكون قيمة (V_s) الكلية مساوية إلى مجموع القيم التي يوفرها لمختلف أنواع حديد تسليح القص.

8-3-6-9 يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص التي يوفرها حديد التسليح (V_s) عن ($2/3\sqrt{f_c'} b_w d$).

4-8 التصميم لعزم اللي : (Design for Torsion)

يجب أن يجري التصميم لمتطلبات عزم اللي وفقاً للفقرات من (8−4−1) إلى (8−4−6).



شكل (8−3) جريان القص

1-4-8 قيمة عزم اللي الاستهلالي (Threshold Torsion)

يسمح بإهمال تأثيرات اللي إذا كانت قيمة عزم اللي المعامل (Tu) أقل من:

للعناصر المعرضة إلى عزم لي:

$$T_u < \phi 0.083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^{2}}{P_{cp}} \right) \quad \text{(13-8) ...}$$

للعناصر المعرضة إلى قوى شد أو قوى انضغاط محورية إضافة إلى عزم اللي

$$T_u < \phi 0.083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^{2}}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f_c'}}} \quad \text{(14-8) ...}$$

يجب أن يتوافق عرض الشفة (overhanging flange) المستخدم لحساب (A_{cp}) و (P_{cp}) في العناصر المجنحة المعزولة (Isolated members with flanges) وكذلك العناصر المصبوبة سوية

مع البلاطة (members cast monolithically) مع متطلبات الفقرة (8−1−10) يستثنى من ذلك العناصر التي تكون فيها النسبة (A_{cp}^2/P_{cp}**Error! Bookmark not defined.**) للعنصر المجنح اقل من تلك المحسوبة لنفس العنصر بدون أجنحة في هذه الحالة يهمل تأثير وجود الأجنحة.

8-4-1-1 في العناصر المجنحة المعزولة (isolated flanged members) والعناصر المصبوبة سوية مع البلاطة (cost monolithically with the slab) يجب أن يكون عرض الجناح المستخدم لحساب (A_{cp}) و(P_{cp}) مستوفياً لمتطلبات الفقرة (8-1-10) يستثنى من ذلك العناصر التي يكون فيها المقدار ($\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$) المحسوب للعتبة المجنحة أقل من المقدار المحسوب لنفس العتبة بإهمال الأجنحة. في هذه الحالة يجب إهمال الأجنحة.

8-4-2 حساب عزم اللي (Calculation of Factored Torsional Moment)

8-4-2-1 إذا كان عزم اللي المعامل (T_u) في العنصر الإنشائي مطلوبٌ للمحافظة على التوازن (equilibrium torque) وتزيد قيمته عن القيمة الدنيا المحسوبة بموجب الفقرة (8-4-1) في هذه الحالة يجب أن يصمم العنصر لمقاومة عزم اللي وفقاً للفقرات من (8-4-3) إلى (8-4-6).



شكل (8−4) لا يمكن تخفيض عزم اللي في هذا الشكل

8−4−2−2 في المنشاءات غير المحددة ستاتيكياً (statically indeterminate structures) والتي يمكن تخفيض مقدار عزم اللي المسلط عليها بسبب إمكانية إعادة توزيع القوى الداخلية أثناء حدوث التشققات عندها يمكن تخفيض القيمة العظمى لعزم اللي إلى إحدى القيم المبينة في أدناه:

أ −للعناصر الخرسانية الموصوفة مقاطعها في الفقرة (8−4−2−4).

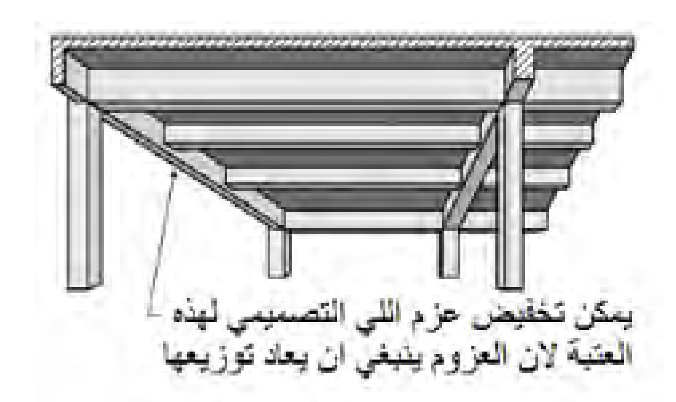
$$T_u = \phi \frac{\lambda}{3} \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}{}^2}{P_{cp}} \right) \quad \text{... (15-8)}$$

ب – للعناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى شد أو انضغاط محورية إضافة إلى عزم اللي.

$$T_u = \phi \frac{\lambda}{3} \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}{}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f_c'}}} \quad \text{... (16-8)}$$

في الفقرتين (أ) و (ب) يجب استخدام عزوم الانحناء وقوى القص المعدلة المسلطة على العناصر الإنشائية المتاخمة والمرتبطة (adjoining members) مع العنصر الإنشائي المعرض لعزم اللي عند تصميم هذه العناصر.

كما ينبغي عدم استبدال المساحة (A_{cp}) للمقاطع المجوفة بالمساحة الإجمالية (A_g) في العلاقات المذكورة في الفقرة (8–4–2–2).



شكل (8–5) يمكن تخفيض عزم اللي التصميمي في هذا الشكل

8–4–2–3 يمكن أن تعتبر أحمال اللي المسلطة على العنصر الإنشائي عن طريق البلاطة المجاورة أحمالا منتظمة التوزيع على طول العنصر الإنشائي إلا إذا حسبت هذه الأحمال باستخدام تحليلات أكثر دقة.

8–4–2–4 ينبغي أن تصمم المقاطع الواقعة على مسافة تقل عن (d) من وجه المسند لمقاومة عزوم لي لا تقل عن عزم اللي (T_u) المحسوب على مسافة (d) من وجه المسند إلا إذا سلط عزم لي مركز ضمن هذه المسافة، عندها يكون المقطع الحرج للتصميم واقعاً في وجه المسند.

8−4−3 مقاومة عزوم اللي (Torsional Moment Strength)

8−4−3−1 يجب أن تحقق أبعاد المقطع الإنشائي العلاقة التالية:

المقاطع الصلدة (solid sections)

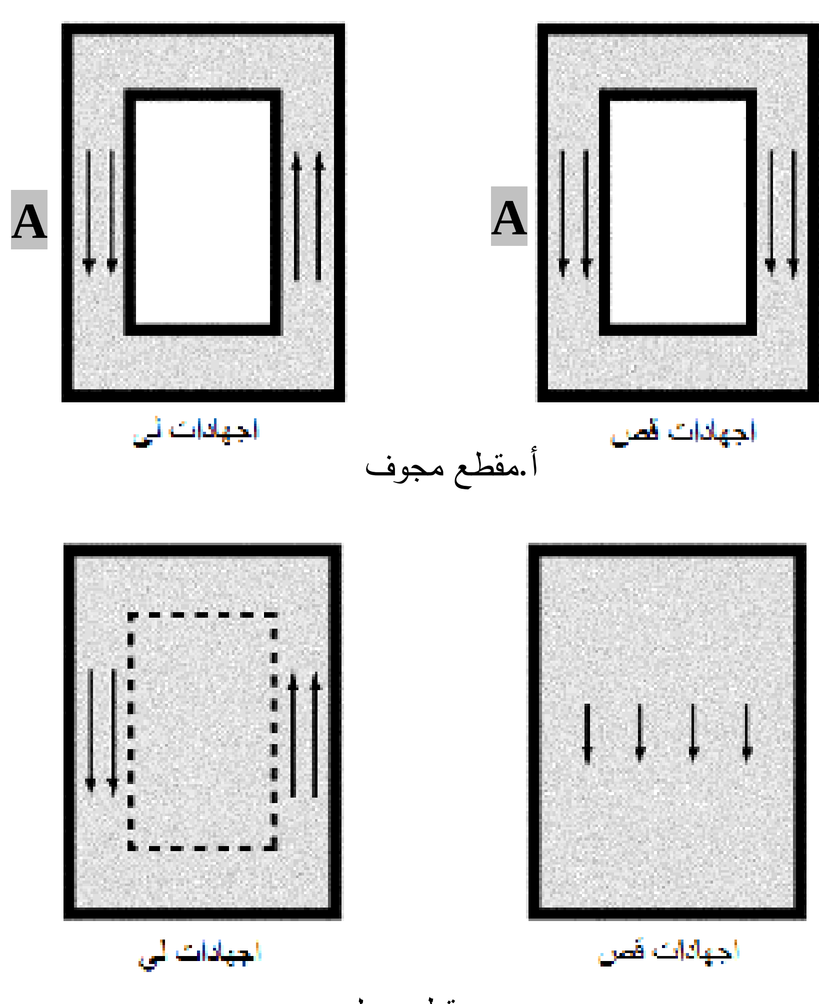
$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^{\;2}}\right)^2} \le \phi\left(\frac{V_c}{b_w d} + 2/3\sqrt{f_c'}\right) \quad \text{(17-8) ...}$$

المقاطع المجوفة (hollow sections)

$$\left(\frac{V_u}{b_w d}\right) + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^{\;2}}\right) \le \phi\left(\frac{V_c}{b_w d} + 2/3\sqrt{f_c'}\right) \quad \text{(18-8) ...}$$

8−4−3−2 إذا كان سمك جدار المقطع المجوف متغيرا على طول المحيط عندها يجب إجراء تقييم للعلاقة (8- 18) بحيث تكون قيمة الطرف الأيسر للعلاقة أكبر ما يمكن ، وبشكل عام فان القيمة ال عظمى للطرف الايسر تكون في المنطقة التي تكون فيها اجتهادات القص واجهادات اللي تعمل باتجاه واحد كما هو الحال عند النقطة (A) المبينة في الشكل (8−6).

8−4−3−3 إذا كان سمك الجدار أقل من (A_{oh}/P_h) فان الحد الثاني في العلاقة (8−18) يجب أن يستبدل بالمقدار $\frac{T_u}{1.7 A_{oh} t}$ حيث أن (t) يمثل سمك جدار المقطع المجوف في الموقع الذي دققت عنده الإجهادات.



أ.مقطع مجوف

ب.مقطع صلد

شكل (8−6) تجميع إجهادات القص و اللي

8−4−3−4 يجب أن لا تتجاوز قيم (f_y) و (f_{yt}) المستخدمة لتصميم حديد تسليح اللي عن (420) نت/مم^2

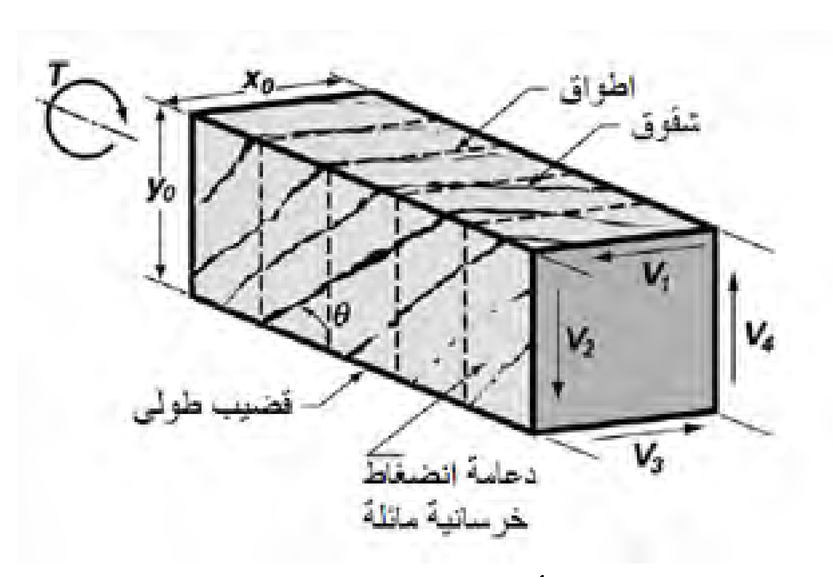
8−4−3−5 عندما يتجاوز (V_u) قيمة عزم اللي الاستهلالي (threshold torsion) ينبغي تصميم المقطع بالاعتماد على العلاقة التالية:

$$\phi T_n \rangle T_u \qquad (19\text{-}8) \ldots$$

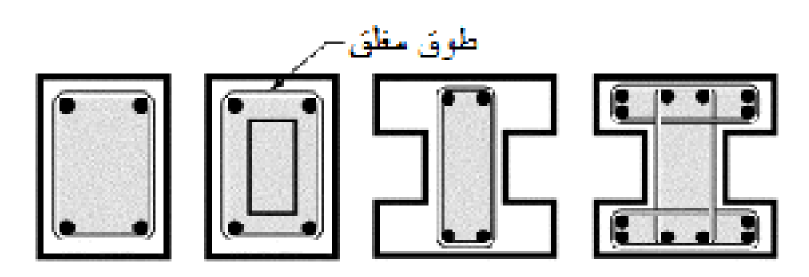
8−4−3−6 ينبغي أن تحسب المقاومة الاسمية لعزم اللي (T_n) من العلاقة:

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_{yt}}{S} \cot\theta \qquad (20\text{-}8) \ldots$$

حيث أن قيمة (A_o) تساوي ($0.85A_{oh}$) ويجب أن تكون الزاوية (θ) محصورة بين (30 درجة) و (60 درجة) كما يمكن أن تؤخذ الزاوية (θ) مساوية إلى (45 درجة).



أ. تمثيل المسنم الفضائي



المساحة المظللة = A_{oh}

ب. تعريف المساحة A_{oh}

شكل (8–7) التعريف الخاص بالمساحة A_{oh}

8–4–3–7 يجب أن لا تقل مساحة حديد التسليح الطولي الإضافية لمقاومة عزوم اللي A_ℓ عن

$$A_\ell = \frac{A_t}{S} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta \qquad \text{(21-8) ...}$$

حيث أن الزاوية (θ) هي القيمة المستخدمة في العلاقة (8-20) وتكون قيمة المقدار (A_t/S) هي القيمة المحسوبة بموجب العلاقة (8–20).

كما أن (f_{yt}) يمثل إجهاد الخضوع لحديد تسليح اللي العرضي المغلق و (f_y) يمثل إجهاد الخضوع لحديد تسليح اللي الطولي.

8-4-3-8 يجب أن يضاف حديد التسليح لمقاومة عزم اللي إلى ذلك التسليح المطلوب لمقاومة قوة القص وعزم الانحناء والقوة المحورية التي تعمل بالاشتراك مع عزم اللي كما ينبغي تحقيق المتطلبات الأكثر تشديداً الخاصة بمسافات تباعد حديد التسليح وطريقة ترتيبه.

8-4-4 تفاصيل حديد تسليح اللي (Details of Torsional Reinforcement)

8-4-4-1 ينبغي أن يتألف حديد تسليح اللي من القضبان الطولية بالإضافة إلى نوع واحد أو أكثر من الأنواع التالية:

أ - أطواق مغلقة (closed stirrups) أو رباطات م ستعرضة مغلقة (closed ties) متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.

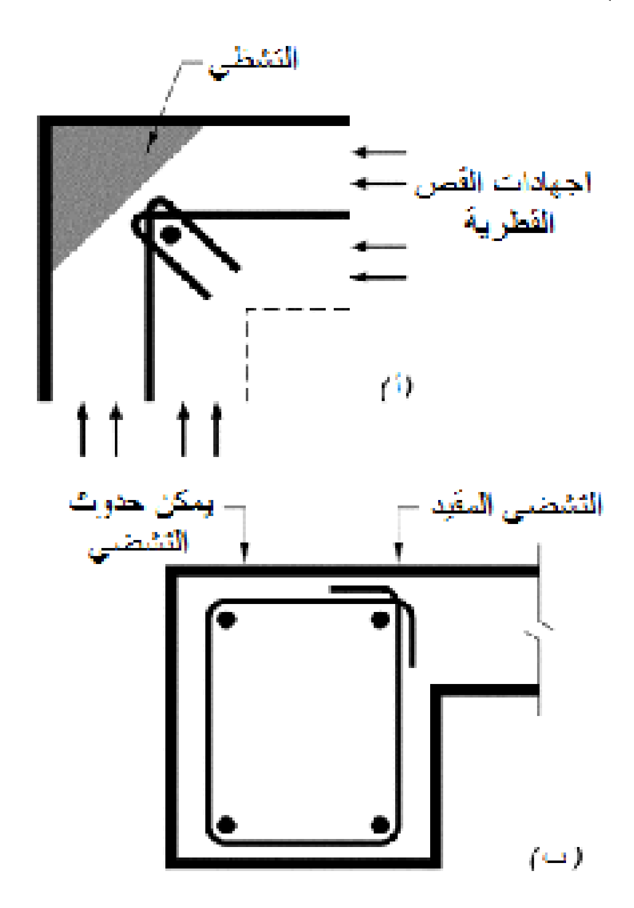
ب - هيكل حديدي مغلق (closed cage) متألف من أسلاك تسليح ملحومة بضمنها أسلاك عرضية متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الإنشائي.

ج - تسليح حلزوني (spiral reinforcement).

8-4-4-2 يجب تثبيت حديد تسليح اللي المستعرض باستخدام احدى الطرق التالية:

أ - عكفات قياسية تصنع زاوية لا تقل عن (135 درجة) حول قضبان التسليح الطولي (135-degree standard hook).

ب - في المناطق التي تكون فيها الخرسانة المحيطة بالرباطات المحمية من التشظي (spalling) بسبب وجود الشفة (flange) أو البلاطة أو أي عنصر إنشائي مشابه عندها يكون التثبيت بموجب متطلبات الفقرتين (9-11-2-1) و (9-11-2-2) أو الفقرة (9-11-2-3).



شكل (8–8) التشظي في زوايا العتبات الواقعة تحت تأثير عزم اللي

8–4–4–3 يجب تثبيت حديد تسليح اللي الطولي عند طرفيه.

8–4–4–4 في المقاطع المجوفة المعرضة لعزوم اللي يجب أن تكون المسافة من ا لخط المركزي (centerline) لحديد تسليح اللي العرضي إلى الوجه الداخلي للجدار لا تقل عن ($0.5\ A_{oh}/P_h$).

8–4–5 المساحة الدنيا لحديد تسليح اللي (Minimum Torsion Reinforcement)

8–4–5–1 يجب توفير مساحة دنيا لحديد تسليح اللي في جميع المناطق التي يتجاوز فيها عزم اللي (Tu) قيمة العزم الاستهلاكي المبينة في الفقرة (8–4–1).

8–4–5–2 عندما يكون حديد تسليح اللي مطلوباً حسب الفقرة (8–4–5–1) فان المساحة الدنيا للأطواق المغلقة المستعرضة تحسب باستخدام العلاقة:

$$(A_v + 2A_t) = 0.065\sqrt{f'_c}\,\frac{b_w S}{f_{yt}} \qquad \text{(22-8) ...}$$

على أن لا تقل المساحة الدنيا عن ($0.35\ b_w S/f_{yt}$) .

8−4−5−3 عندما يكون حديد تسليح اللي مطلوباً بموجب الفقرة (8-4-5-1) فان المساحة الدنيا الكلية لحديد تسليح اللي الطولي ($A_{\ell,min}$) يجب أن تحسب باستخدام العلاقة:

$$A_{\ell,\min} = \frac{0.42\sqrt{f_c'}A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{S}\right)P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \qquad \text{(23-8) ...}$$

على أن لا يقل المقدار (A_t/S) عن ($0.175\ b_w/f_y$).
كما أن الإجهاد (f_{yt}) يخص الأطواق العرضية المغلقة لحديد تسليح اللي والإجهاد (f_y) يخص حديد تسليح اللي الطولي.

8−4−6 مسافات التباعد لحديد تسليح اللي (Spacing of Torsion Reinforcement)

8−4−6−1 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين حديد تسليح اللي المستعرض المقادير ($P_h/8$) أو (300 مم) أيهما أقل.

8−4−6−2 يجب توزيع حديد تسليح اللي الطولي على المحيط الداخلي للأطواق المغلقة بمسافة عظمى لا تزيد عن (300 مم). كما ينبغي توفير قضيب طولي واحد على الأقل عند كل ركن من أركان الطوق المغلق مع مراعاة أن لا يقل قطر القضبان الطولية عن ($S/24$) أو (12 مم) أيهما أقل. حيث أن (S) تمثل مسافة التباعد بين الأطواق المستعرضة.

8−4−6−3 يجب أن يمتد حديد تسليح اللي الطولي والعرضي مسافة لا تقل عن ($d + b_t$) مقاسة من المقطع الذي تظهر التحليلات عنده عدم الحاجة إلى استخدام حديد تسليح اللي.

8−5 طريقة احتكاك القص (Shear Friction Method)

8−5−1 تستخدم متطلبات هذه الفقرة عندما يكون من المناسب أن يؤخذ بالاعتبار نقل قوى القص خلال مستوي معين كما هو الحال في الشقوق المتولدة أو الشقوق الكامنة (potential) بين السطوح البينية للخرسانة المصبوبة على مرحلتين في أوقات مختلفة أو بين السطوح البينية لمادتين مختلفتين.

8−5−2 ينبغي أن يكون تصميم المقاطع المعرضة لانتقال قوى القص المبينة في الفقرة (8−5−1) معتمدا على العلاقة (8−1) حيث أن مقاومة القص الاسمية (V_n) تحسب وفقاً لمتطلبات الفقرتين (8−5−3) و (8−5−4).

8–5–3 ينبغي افتراض أن الشقوق تتولد على طول مستوي القص المأخوذ بنظر الاعتبار . كما ينبغي تصميم مساحة حديد تسليح احتكاك القص المطلوبة (A_{vf}) التي تمر خلال مستوي القص وفقا لمتطلبات الفقرة (8–5–4).

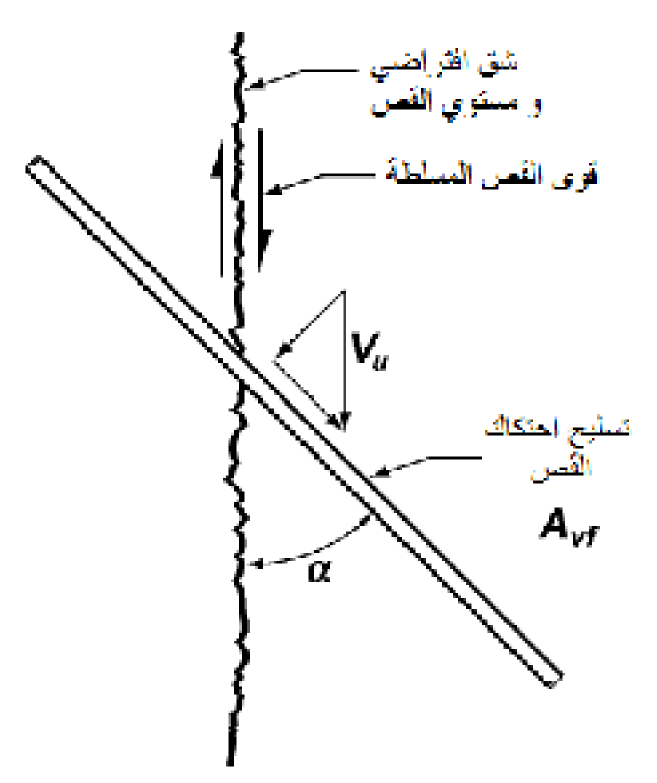
8–5–3–1 ينبغي تطبيق متطلبات الفقرات من (8–5–5) إلى (8–5–10) في جميع حسابات المقاومة اللازمة لانتقال قوى القص.

8–5–4 التصميم بطريقة احتكاك القص (shear-friction design method)

8–5–4–1 عندما يكون تسليح احتكاك القص متعامداً مع مستوي القص في هذه الحالة ينبغي حساب مقاومة القص الاسمية (V_n) باستخدام العلاقة

$$V_n = A_{vf}\, f_y \mu \quad \text{... (24-8)}$$

حيث أن (µ) يمثل معامل الاحتكاك وفقاً للفقرة (3-4-5-8).



شكل (8–9) حديد تسليح احتكاك القص الذي يميل بزاوية عن الشق المفترض

8–5–4–2 عندما يكون تسليح احتكاك القص مائلاً نسبة إلى سطح الاحتكاك بحيث أن قوة الاحتكاك تسبب قوى شد في تسليح احتكاك القص عندها ينبغي حساب (V_n) باستخدام العلاقة:

$$V_n = A_{vf}\, f_y(\mu \sin\alpha + \cos\alpha) \quad \text{... (25-8)}$$

حيث أن (α) تمثل الزاوية المحصورة بين تسليح احتكاك القص ومستوي الاحتكاك.

8 5 4 3 يجب أن يؤخذ معامل الاحتكاك (μ) الوارد في العلاقات(8−24) و(8−25) كما يلي:

- خرسانة مصبوبة بشكل موحد (monolithically). 1.4λ
- خرسانة ملامسة لسطح صلب يخشن بشكل مقصود (intentionally roughed) كما معرف بالفقرة (8−5−9). 1.0λ
- خرسانة ملامسة لسطح صلب لم يخشن بشكل مقصود (not intentionally roughed). 0.6λ
- الخرسانة المثبتة إلى مقاطع حديدية إنشائية (structural steel) باستخدام مسامير ذات رؤوس (headed studs) أو قضبان تسليح (لاحظ الفقرة (8−5−10)). 0.7λ

حيث أن (λ =1.0) للخرسانة عادية الوزن (normal weight) و (0.75) للخرسانة خفيفة الوزن.

8−5−5 يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيم التالية:

أ - للخرسانة عادية الوزن المصبوبة بشكل موحد (monolithic) أو الخرسانة الملامسة لسطح صلب يخشن بشكل مقصود يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيمة الدنيا من ($0.2 f'c$ A_c) و (($3.3 + 0.08 f'_c A_c$)) و ($11A_c$). حيث أن (A_c) تمثل مساحة المقطع الذي يقاوم انتقال القص (shear transfer).

ب - لجميع الحالات الأخرى يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) عن ($0.2 f'c A_c$) أو ($5.5A_c$) أيهما أقل في حالة اختلاف مقاومة الانضغاط بين السطوح الخرسانية المتلامسة عندها ينبغي استخدام مقاومة الانضغاط الواطئة لغرض حساب مقاومة القص الاسمية (V_n).

8−5−6 يجب أن لا يزيد إجهاد الخضوع (f_y) المستخدم في تصاميم حديد الـتسليح احتكاك القص عن (420 نت/مم^2).

8−5−7 ينبغي تأمين مقاومة لقوى الشد الصافية (net tension) المسلطة على مستوي القص باستخدام حديد تسليح إضافي. أما قوى الضغط الصافية الدائمة المسلطة على مستوي القص فيجب أن تضاف إلى الحد ($A_{vf}\ f_y$) (القوة المتولدة في تسليح احتكاك القص) وذلك عند حساب المساحة المطلوبة لاحتكاك القص (A_{vf}).

8–5–8 يجب أن يوضع حديد تسليح احتكاك القص بشكل ملائم على طول مستوي القص وينبغي أن يثبت على جهتي السطح باستخدام عكفات التثبيت (embedment hooks) أو عن طريق لحام حديد التسليح إلى أجهزة خاصة (special devices) وذلك لغرض تحقيق إجهاد الخضوع (f_y) في حديد التسليح.

8–5–9 لغرض تحقيق متطلبات الفقرة (8–5)، يجب أن يكون السطح البيني (interface) المستخدم لنقل القص بين الخرسانة الجديدة والخرسانة المتصلبة في وقت سابق خالياً من غثاء الخرسانة (laitance). كما ينبغي تخشين السطح البيني إلى عمق بحدود (6مم) وذلك عند افتراض أن قيمة معامل الاحتكاك (μ) مساوية إلى (1.0λ).

8–5–**10** عندما تنقل قوى القص بين الخرسانة والمقاطع الحديدية الإنشائية باستخدام مسامير ذات رؤوس (headed studs) أو قضبان تسليح في هذه الحالة يجب أن تكون المقاطع الحديدية الإنشائية نظيفة وخالية من الطلاء.

8–6 العتبات العميقة: (Deep Beams)

8–6–1 ينبغي اعتماد متطلبات هذه الفقرة للعناصر التي لا يتجاوز فضاءها الصافي (ℓ_n) أربعة أضعاف عمقها الكلي. كما ينبغي استخدام هذه المتطلبات في المناطق التي تسلط فيها الأحمال المركزة ضمن مسافة تساوي ضعف العمق الكلي للعنصر مع مراعاة أن تكون الأحمال مسلطة على وجه معين في حين تكون ردود الأفعال مسلطة على الوجه المعاكس بحيث تتولد دعامات انضغاط (compression struts) بين الأحمال وردود الأفعال عند المساند.

8–6–2 ينبغي تصميم العتبات العميقة أما باستخدام التحليلات اللا خطية بموجب الفقرة (7–7–1) أو باستخدام الملحق أ من هذه المدونة.

8–6–3 ينبغي أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية V_n للعتبات العميقة عن المقدار ($0.83\sqrt{f_c'}b_w d$).

8–6–4 يجب أن لا تقل مساحة حديد تسليح القص المتعامد مع حديد تسليح الشد المقاوم للانحناء (A_v) عن ($0.0025\, b_w S$) ، على أن لا تتجاوز مسافة التباعد (S) المقدارين (d/5) أو (300 مم) أيهما أصغر.

8–6–5 يجب أن لا تقل مساحة حديد تسليح القص الموازية إلى تسليح الشد المقاوم للانحناء (A_{vf}) عن ($0.0015\, b_w S_2$)، على أن لا تتجاوز مسافة التباعد (S_2) المقدارين (d/5) أو (300 مم) أيهما أصغر.

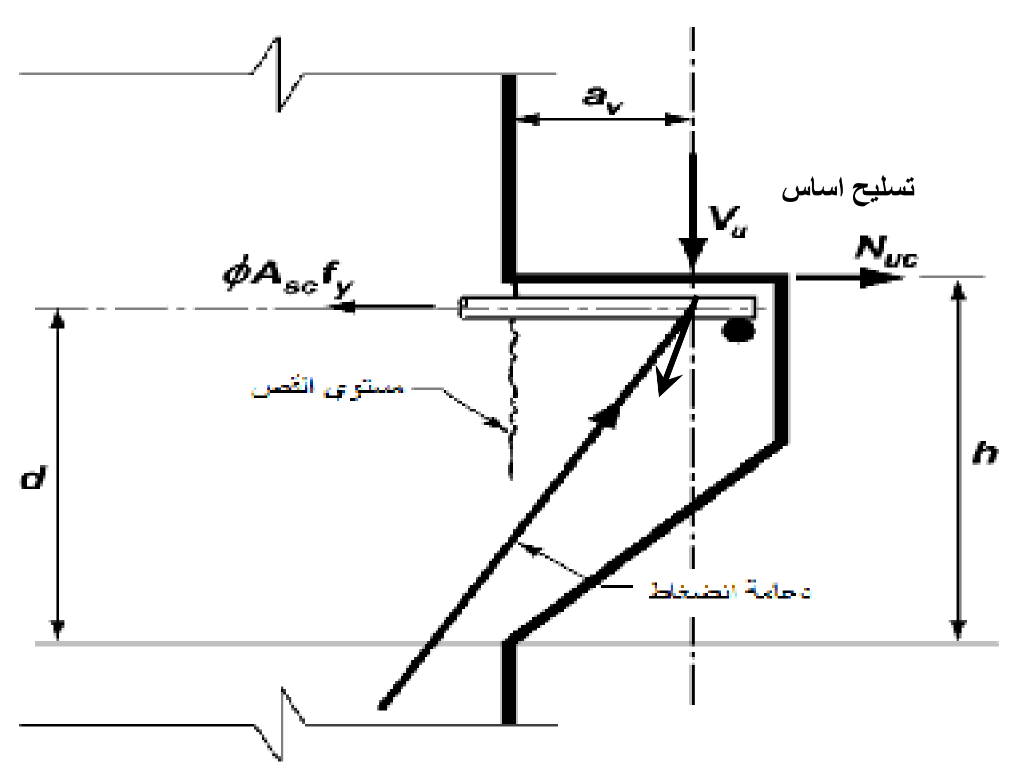
8–6–6 يمكن توفير مساحة حديد التسليح المستوفي لمتطلبات الفقرة (أ-3-3) بدلاً من الحدود الدنيا الموصوفة في الفقرتين (8–6–4) و (8–6–5).

8–7 المتطلبات الخاصة بالكتائف والطنف Design Provisions for Brackets and Corbels) :

8–7–1 ينبغي تصميم الكتائف والطنف الناتئة من الأعمدة أو الجدران ذات نسبة فضاء قص إلى العمق (a_v/d) لا تتجاوز (2) باستخدام الملحق أ كما ينبغي تصميم الكتائف والطنف باستخدام الفقرتين (8–7–3) و (8–7–4) وذلك عندما :

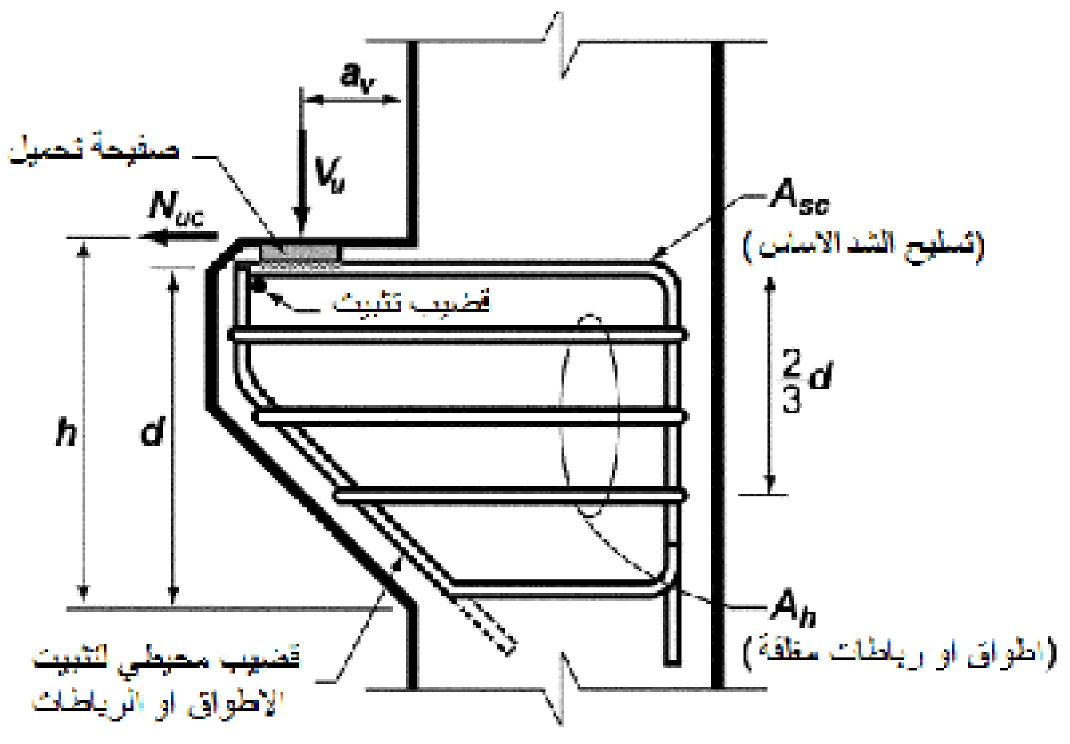
لا تزيد النسبة (a_v/d) عن (1.0).

تتعرض الكتائف أو الطنف إلى قوة شد أفقية معاملة (N_{uc}) لا تزيد عن قوة القص (V_u) كما ينبغي تطبيق متطلبات الفقرات (8–7–2) و (8–7–3–2) و (8–7–5) و (8–7–6) و (8–7–7) في تصميم الكتائف والطنف مع مراعاة أن يحدد العمق الفعال (d) للمقطع عند وجه المسند.



شكل (8–10) التمثيل الإنشائي للقوى المؤثرة على الكتيفة

8–7–2 يجب أن لا يقل عمق الكتائف أو الطنف عند حافة منطقة التحميل (edge of bearing area) الخارجية عن ($0.5d$).



شكل (8–11) تفاصيل حديد التسليح في الكتيفة

8–7–3 ينبغي تصميم المقطع الذي يقع عند وجه المسند لمقاومة قوة القص المسلطة بالتزامن مع العزم $(V_u\,a_v + N_{uc}(h-d))$ بالإضافة إلى قوة الشد الأفقية (N_{uc}).

8–7–3–1 ينبغي أن يكون معامل خفض المقاومة (Ø) مساوياً إلى (0.75) في جميع الحسابات التصميمية التي تجري وفقاً للفقرة (8–7).

8–7–3–2 ينبغي أن تصمم مساحة حديد تسليح احتكاك القص (A_{vf}) المجهزة لمقاومة قوة القص (V_u) وفقاً لمتطلبات الفقرة (8–5) مع مراعاة مايلي:

أ - في الخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية القيمة الأصغر من $(0.2\, f'_c\, A_c)$ أو $((3.3 + 0.08\, f'c)b_w d)$ أو $(11A_c)$.

ب - في الخرسانة خفيفة الوزن يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية عن $((0.2\text{-}0.07\, a_v/d)\, f'c\, b_w\, d)$ أو $((5.5\text{-}1.9\, a_v/d)b_w\, d)$.

8–7–3–3 ينبغي حساب مساحة حديد التسليح المجهزة (A_f) لمقاومة العزم المعامل $(V_u a_v + N_{uc}(h-d))$ وفقاً للفقرتين (7–2) و (7–3).

8–7–3–4 يجب حساب مساحة حديد A_n الخاص بمقاومة قوة الشد ال معاملة (N_{uc}) باستخدام العلاقة $(ØA_n fy \geq N_{uc})$ مع مراعاة مايلي:

أ - يجب أن لا تقل القوة (N_{uc}) عن ($0.2V_u$) إلا إذا اتخذت التدابير اللازمة لتحاشي تولد قو ى الشد.

ب -يجب اعتبار قوة الشد (N_{uc}) حملاً حياً مسلطاً على العنصر حتى لو نتجت هذه القوة عن تقييد الزحف أو الانكماش أو التغير في درجة الحرارة.

8–7–3–5 ينبغي أن لا تقل مساحة حديد التسليح الشد الأساسي (A_{sc}) عن ($A_f + A_n$) أو $(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n)$ أيهما اكبر.

8–7–4 ينبغي أن لا تقل المساحة الكلية للأطواق المغلقة أو الرباطات (A_h) الموازية لحديد تسليح الشد الأساس عن ($0.5(A_{sc} - A_n)$) مع مراعاة توزيع المساحة (A_h) بشكل منتظم ضمن العمق ($2/3d$) القريب من حديد تسليح الشد الأساس.

8–7–5 يجب أن لا تقل النسبة (A_{sc}/db) عن($0.04(f'_c/fy)$).

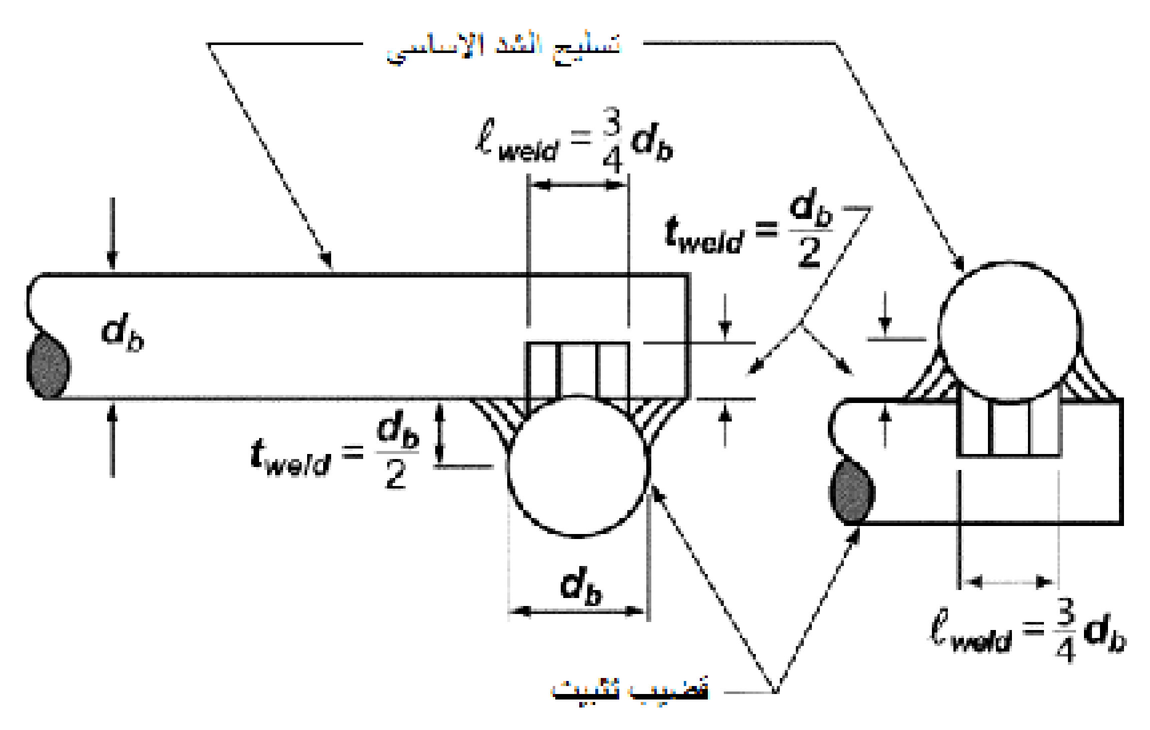
8–7–6 ينبغي تثبيت حديد تسليح الشد الأساس عند الوجه الأمامي للكتائف أو الطنف الناتئة من الأعمدة أو الجدران باستخدام احدى الطرق التالية:

أ –بواسطة لحام إنشائي لقضيب مستعرض ذو قطر يساوي على الأقل قطر حديد التسليح الأساس.

كما يجب تصميم اللحام بحيث يتولد إجهاد في حديد تسليح الشد الأساس مساوياً إلى إجهاد الخضوع (f_y).

ب –بواسطة ثني حديد تسليح الشد الرئيسي إلى الخلف لتشكيل حلقة أفقية.

ج –بواسطة أية وسائل اخرى تؤمن التثبيت المطلوب.



شكل (8−12) تفاصيل اللحام للتسليح الرئيسي

8−7−7 يجب أن لا تزيد مساحة الإسناد للكتائف أو الطنف خارج الجزء المستقيم (straight portion) لحديد تسليح الشد الأساس ولا تبرز خارج الوجه الداخلي لقضيب التثبيت المستعرض.

8−8 المتطلبات التصميمية الخاصة بالجدران (Design Requirement for Walls)

8−8−1 ينبغي أن يتم التصميم لمقاومة قوى القص المتعامدة مع وجه الجدار وفق ا لاشتراطات الفقرة (8−10) الخاصة بالبلاطات. كما ينبغي أن تجري التصاميم لقوى القص الأفقية العاملة في مستوي الجدار وفقا للفقرات من (8-8-2) إلى (8−8−8). وكخيار آخر يسمح بتصميم الجدران التي لا يتجاوز ارتفاعها عن ضعف طولها لمقاومة قوى القص بموجب الملحق أ من هذه المدونة.

8−8−2 يتم تصميم المقاطع الأفقية لمقاومة قوى القص العاملة في مستوي الجدار اعتمادا على العلاقتين (8−1) و (8−2) حيث يجب أن تحسب مقاومة الخرسانة للقص (V_c) وفقا للفقرتين (8−8−5) و (8−8−6).

8−8−3 ينبغي أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) العاملة في مستوي الجدار عند أي مقطع أفقي عن ($0.83\sqrt{f_c^{'}}hd$) حيث أن h يمثل سمك الجدار و (d) يمثل العمق الفعال المعرف بموجب الفقرة (8−8−4).

8−8−4 عند تصميم الجدران لمقاومة قوى القص العاملة في مستوى الجدار ينبغي أن يؤخذ العمق الفعال (d) مساوياً إلى ($0.8\ell_w$).

8−8−5 عند تعرض الجدران لقوى انضغاط محورية ينبغي أن لا تزيد مقاومة الخرسانة لقوى القص (V_c) عن ($0.17\lambda\sqrt{f_c'}hd$) كما ينبغي أن لا تتجاوز (V_c) القيمة المحسوبة بموجب الفقرة (8−2−2−3) عندما تتعرض الجدران لقوى شد محورية.

8−8−6 ينبغي تصميم المقاطع التي تبتعد عن قاعدة الجدار بمسافة لا تزيد عن ($\ell_w/2$) أو نصف ارتفاع الجدار أيهما أقل لنفس قوة القص (V_c) المحسوبة على مسافة ($\ell_w/2$) أو نصف ارتفاع الجدار أيهما أقل.

8−8−7 عندما تكون قوة القص المسلطة (V_u) أقل من ($0.5\phi V_c$) ينبغي توفير حديد تسليح القص وفقاً للفقرة (8-8-8) أو بموجب متطلبات الفصل الحادي عشر من هذه المدونة . أما في حالة تجاوز (V_u) المقدار ($0.5\phi V_c$) عندها يجب تسليح الجدار لمقاومة القص بموجب متطلبات الفقرة (8−8−8).

8−8−8 تصميم حديد تسليح القص للجدران (Design Of Shear Reinforcement For Walls)

8−8−8−1 ينبغي توفير حديد تسليح افقي لمقاومة القص عندما تتجاوز قوة القص المعاملة (V_u) المقدار ($ØV_c$) تحقيقاً لمتطلبات العلاقات (8-1) و (8-2) حيث تحسب مقاومة القص (V_s) باستخدام العلاقة:

$$V_S = \frac{A_v\ f_y\ d}{S} \qquad \text{(26-8)...}$$

حيث أن (A_v) تمثل مساحة حديد تسليح القص الأفقي ضمن مسافة تباعد *(S)* ويتم حساب العمق الفعال *(d)* وفقاً للفقرة (8−8−4) كما ينبغي توفير حديد تسليح القص الشاقولي وفقاً للفقرة (8−8−8−4).

8−8−8−2 يجب أن لا تقل نسبة حديد تسليح القص الأفقي إلى المساحة الإجمالية (gross area) لخرسانة المقطع العمودي عن (0.0025).

8−8−8−3 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين قضبان تسليح القص الأفقي في الجدران المسافة الأصغر من ($3h$) أو ($\ell w/5$) أو (350 مم)، حيث أن (ℓ_w) يمثل الطول الكلي للجدار.

8–8–8–4 يجب أن لا تقل نسبة حديد تسليح القص ال شاقولي إلى المساحة الإجمالية لخرسانة المقطع الأفقي (ρ_ℓ) عن (0.0025) أو عن النسبة المحددة بموجب العلاقة (8–27) أيهما أكبر.

$$\rho_\ell = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{h_w}{\ell_w})(\rho_t - 0.0025) \qquad (27\text{-}8) \ldots$$

يجب مراعاة أن لا تزيد قيمة النسبة (ρ_ℓ) المحسوبة باستخدام هذه العلاقة عن النسبة (ρ_t) المطلوبة وفقاً للفقرة (8–8–8–1).

في العلاقة (8-27) (ℓ_w) يمثل الطول الكلي للجدار و (h_w) يمثل الارتفاع الكلي للجدار.

8–8–8–5 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين قضبان تسليح القص الشاقولي في الجدارن المسافة الأصغر من ($3h$) أو ($\ell_w/3$) أو (450 مم)، حيث أن (ℓ_w) يمثل الطول الكلي للجدار.

8–9 انتقال العزوم إلى الأعمدة : (Transfer of Moments to Column)

عندما تسبب أحمال الجاذبية (gravity loads) أو أحمال الرياح أو أية قوى جانبية اخرى انتقالاً للعزوم إلى الأعمدة في مناطق اتصالها مع العناصر الإنشائية المرتبطة معها . في هذه الحالة يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار قوى القص الناتجة عن انتقال العزوم عند تصميم حديد التسليح المستعرض في الأعمدة.

8–10 المتطلبات التصميمية للبلاطات والأسس :
(Design Requirement for Slabs and Footings)

8-10-1 تكون مقاومة البلاطات والأسس لقوى القص في المناطق القريبة من الأعمدة والأحمال المركزة أَو ردود الأفعال محكومة بالشرط الأشد من الشرطين التاليين:

8–10–1–1 القص الذي يؤثر باتجاه واحد (One Way Shear Action)

للتحري عن هذا النوع من القص ينبغي أن تمتد المقاطع الحرجة المأخوذة بنظر الاعتبار على كل عرض البلاطة أو الأساس.

8–10–1–2 القص العامل باتجاهين (Two Way Shear Action)

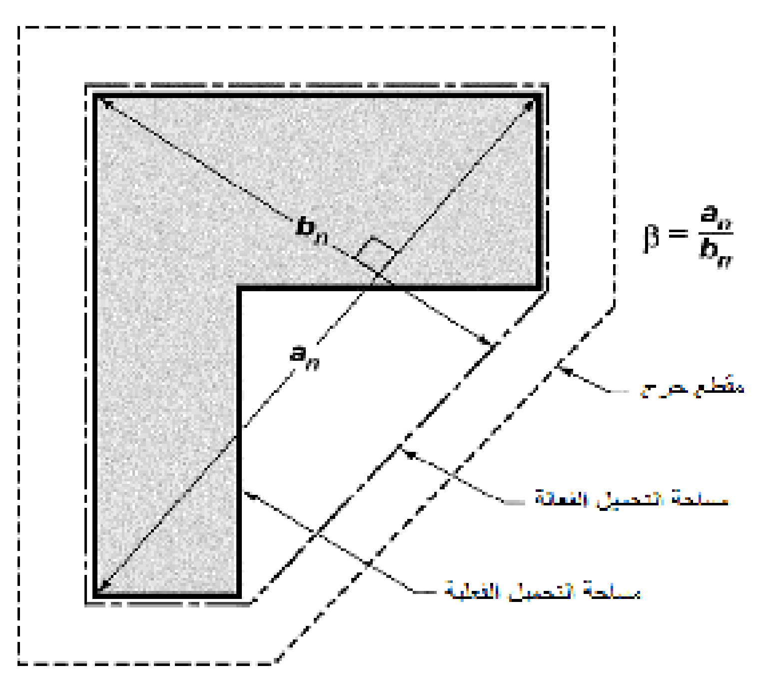
للتحري عن هذا النوع من القص ينبغي اختيار المقاطع الحرجة بالمواقع التي يكون فيها المحيط (b_o)

بأصغر قيمة ممكنة مع مراعاة أن لا يكون موقع المقطع الحرج على مسافة تقل عن ($d/2$) مقاسة من:

1. حافات أو زوايا الأعمدة أو الأحمال المركزة أو مناطق ردود الأفعال.
2. المناطق التي يتغير فيها سمك البلاطات مثل حافات تيجان الأعمدة (column capitals) أو الألواح المتدلية (drop panels) كما يجب تصميم البلاطات والأسس لمقاومة القص العامل باتجاهين وفقاً للفقرات من (8–10–2) إلى (8–10–4).

8–10–1–3 ينبغي أن تتألف المقاطع الحرجة للأعمدة المربعة أو المستطيلة ومناطق الأحمال المركزة ومناطق ردود الأفعال من أربعة جوانب مستقيمة.

8–10–2 ينبغي أن يتم تصميم البلاطات أو الأسس لمقاومة القص العامل باتجاهين اعتماداً على العلاقتين (8–1) و (8–2). كما يجب أن تحسب مقاومة القص للخرسانة (V_c) وفقاً للفقرة (8–10–3–1) أو الفقرة (8–10–3–2).
أما مقاومة القص (V_s) التي يوفرها حديد التسليح فيجب حسابها وفقاً للفقرة (8–10–3). وفي حالة انتقال العزوم بين البلاطة والعمود فيجب تطبيق اشتراطات الفقرة (8–11).



شكل (8–13) قيم المعامل β للمساحة المحملة غير المستطيلة

8–10–2–1 ينبغي اعتبار أن مقاومة القص لخرسانة البلاطات والأسس تساوي القيمة الأصغر من (أ) و (ب) و (ج) المبينة في أدناه:

أ - $$V_c = (1+\frac{2}{\beta})\lambda\sqrt{f_c^{'}}\frac{b_o d}{6}$$ (28-8)...

حيث أن (β) هي نسبة الجانب الأطول إلى الجانب الأقصر لمقطع العمود أو الأحمال المركزة أو منطقة ردود الأفعال.

ب - $$V_c = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2)\lambda\sqrt{f_c^{'}}\frac{b_o d}{12}$$ (29-8)...

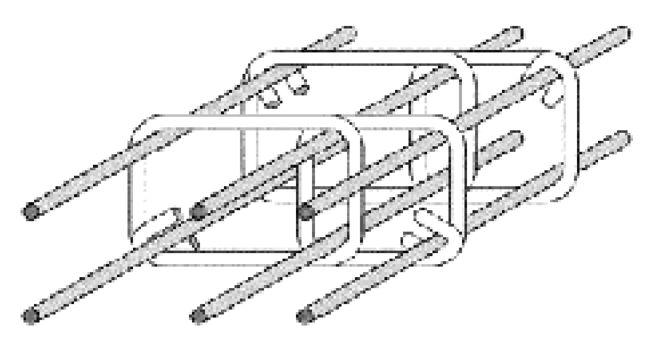
حيث أن مقدار (α_s) يساوي (40) للأعمدة الداخلية و (30) للأعمدة عند الحافات و (20) للأعمدة عند الأركان.

ج - $$V_c = \lambda\sqrt{f_c^{'}}\frac{b_o d}{3}$$ (30-8)...

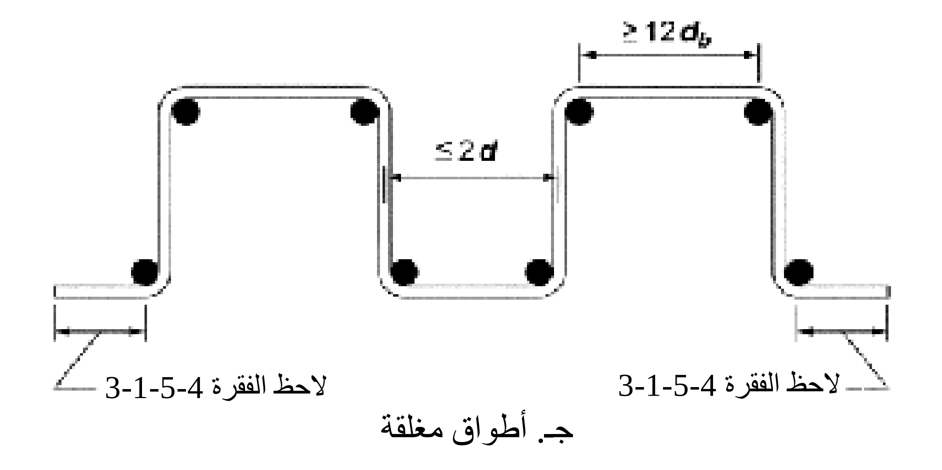
8−10−3 يمكن أن يتألف حديد تسليح القص في الأسس والبلاطات (ذات عمق فعال (d) لا يقل عن (150 مم) أو (16) مرة بقدر قطر قضبان القص) من قضبان أو أسلاك أو أطواق مكونه من ساق واحدة أو سيقان متعددة . كما ينبغي مراعاة تطبيق اشتراطات الفقرات من (8−10−3−1) إلى (8−10−3−3) على حديد تسليح القص.



أ. طوق أو قضيب مؤلف من ساق مفردة

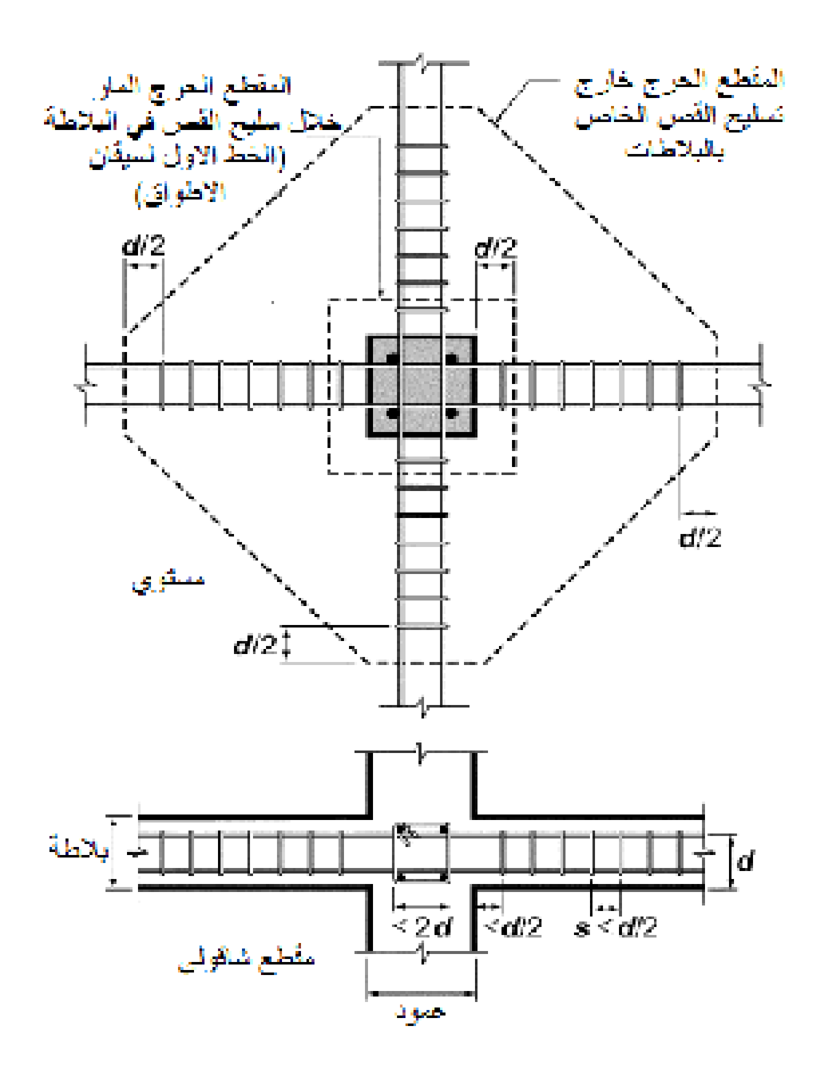


ب. طوق او قضيب مؤلف من سيقان متعددة

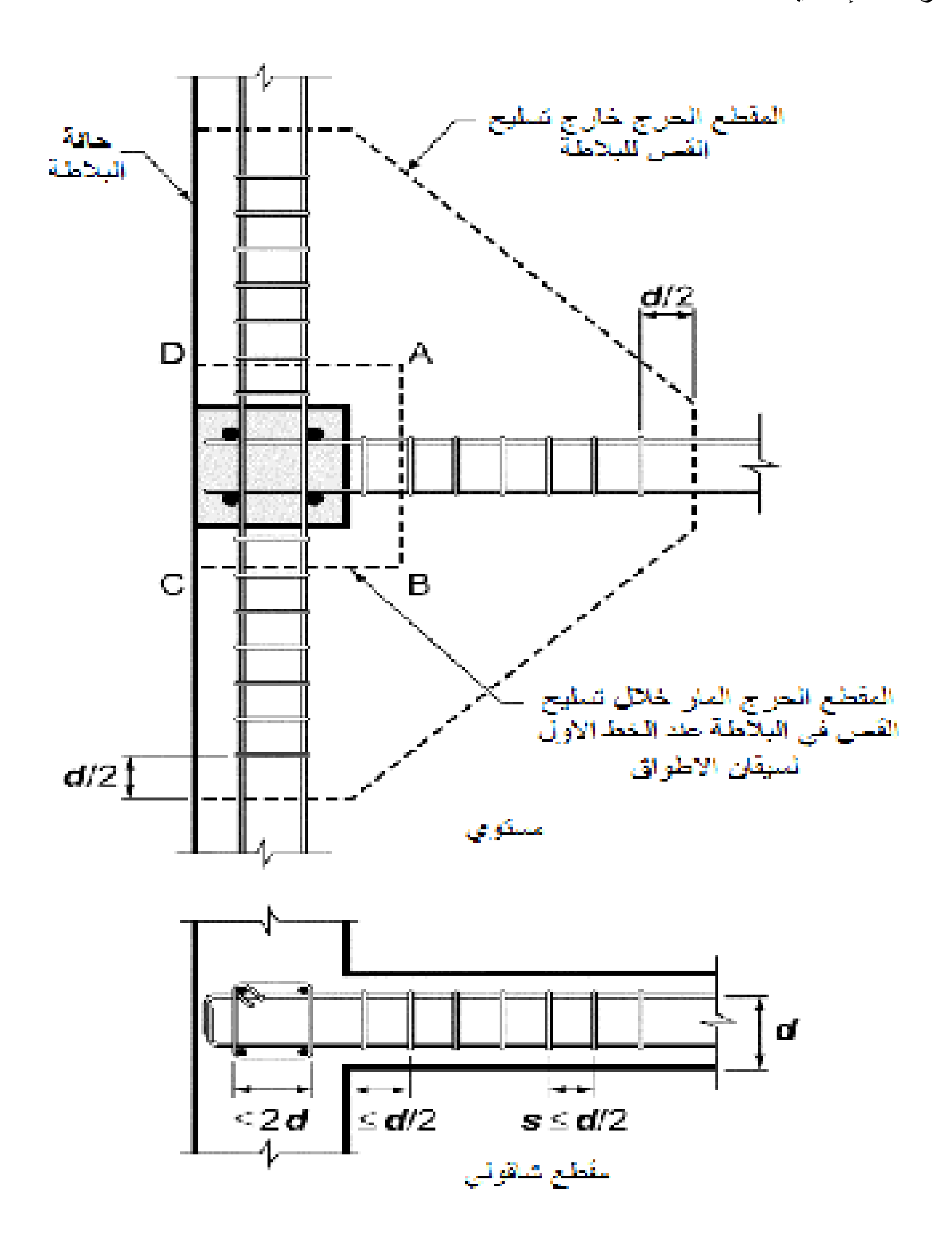


جـ. أطواق مغلقة

شكل (8−14) الأطواق ذات السيقان المفردة أو المتعددة المستخدمة في تسليح القص للبلاطات



شكل (8–15) ترتيب أطواق تسليح القص في البلاطات عند الأعمدة الداخلية



شكل (8–16) ترتيب أطواق تسليح القص في البلاطات عند الأعمدة الطرفية

8–10–3–1 ينبغي حساب مقاومة القص الا سمية (V_n) باستخدام العلاقة (8–2) مع مراعاة أن لا تزيد قيمة (V_c) عن المقدار ($\lambda\sqrt{f_c^{'}}\,\frac{b_o d}{6}$) وأن تحسب ($V_s$) وفقاً للفقرة (8–3).

يجب أن تعتبر مساحة حديد تسليح القص (A_v) مساوية إلى مجموع مساحات جميع سيقان حديد تسليح القص الموزعة على خط محيطي (peripheral line) يشابه من الشكل الهندسي محيط مقطع العمود.

8–10–3–2 يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) عن ($\lambda\sqrt{f_c^{'}}\,\frac{b_o d}{2}$) .

8–10–3–3 يجب أن لا تتجاوز المسافة بين وجه العمود والخط الأول لسيقان الأطواق التي تحيط بالعمود المقدار ($d/2$) وينبغي أن لا تتجاوز مسافات التباعد بين الأطواق المتجاورة في الخط الأول من تسليح القص المقدار ($2d$) مقاسة باتجاه يوازي وجه العمود . كما يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين الخطوط المتعاقبة لحديد تسليح القص التي تحيط بالعمود المقدار ($d/2$) مقاساً بالاتجاه المتعامد على وجه العمود.

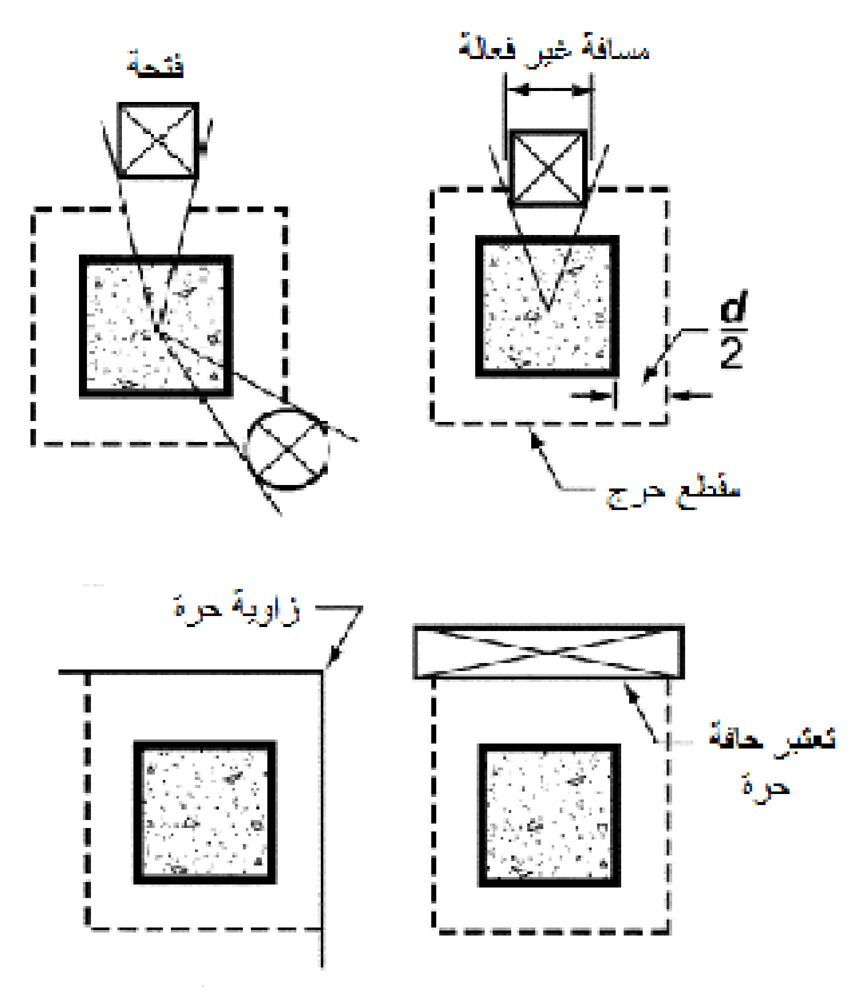
8–10–3–4 يجب أن يستوفي تسليح القص في البلاطات متطلبات التثبيت الواردة في الفقرة (9–11) وأن يرتبط مع حديد التسليح الطولي للانحناء في الاتجاه المأخوذ بنظر الاعتبار.

8–10–4 يمكن استخدام المقاطع الحديدية الإنشائية (structural steel and channel sections) كرؤوس قص لمقاومة قوى القص المسلطة عند الأعمدة كما يمكن استخدام المسامير ذات الرؤوس (headed studs) المثبتة بشكل متعامد مع مستوي البلاطة أو الأساس كتسليح لمقاومة قوى القص، في هذه الحالة يمكن الاستعانة بالمدونات العالمية المعتمدة كمدونة معهد الخرسانة الأمريكي لإجراء التصاميم.

8–11 الفتحات في البلاطات : (Openings in Slabs)

في البلاطات الحاوية على فتحات تكون مواقعها على مسافة تقل عن (10) أضعاف سمك البلاطة مقاسة من منطقة ردود الأفعال أو مناطق الأحمال المركزة أو عندما تكون البلاطات المسطحة (flat slabs) حاوية على فتحات في شرائح الأعمدة (column strips) (راجع الفصل العاشر) في هذه الحالة يجب أن تعدل مقاطع القص الحرجة المعرفة في الفقرة (8–10–1–2) بموجب اشتراطات الفقرة التالية:

8–11–1 يجب إهمال ذلك الجزء من محيط المقطع الحرج المحاط بالخطوط المستقيمة المماسة لحدود الفتحات (openings boundaries) والمرسومة من مركز العمود أو مركز الحمل المركز أو مركز منطقة ردود الأفعال.



شكل (8−17) تأثير الفتحات و الحافات الحرة على محيط المقاطع الحرجة للقص (الخطوط المقطعة تشير إلى الفعال)

8−12 انتقال العزوم في مناطق اتصال البلاطات مع الأعمدة
(Transfer of Moment in Slab-Column Connection)

8−12−1عندما تسبب أحمال الجاذبية أو أحمال الرياح أو أية قوى جانبية اخرى عز م اغير متوازنا (M_u) بين البلاطة والعمود فان جزء العزم ($\gamma_f\ M_u$) يجب أن ينتقل عن طريق الانحناء وفقاً للفقرة (10−4−3) أما بقية العزم غير المتوازن ($\gamma_v\ M_u$) فيجب اعتباره منتقلاعن طريق الاختلاف اللامركزي للقص (eccentricity of shear) حول مركز المقطع الحرج المعرف بالفقرة (8-10-1-2) حيث أن

$$\gamma_v = (1 - \gamma_f) \quad \text{(31-8)...}$$

8−12−2 ينبغي اعتبار أن إجهاد القص الناتج من انتقا ل العزوم عن طريق لامركزية القص يتغير بشكل خطي حول مركز المقاطع الحرجة المعرفة في الفقرة (8−10−1−2) كما ينبغي أن لا يزيد إجهاد القص الأقصى بسبب قوة القص (V_u) وعزم الانحناء (M_u) عن المقدار ($ØV_n$):

أ - للأعضاء بدون تسليح قص

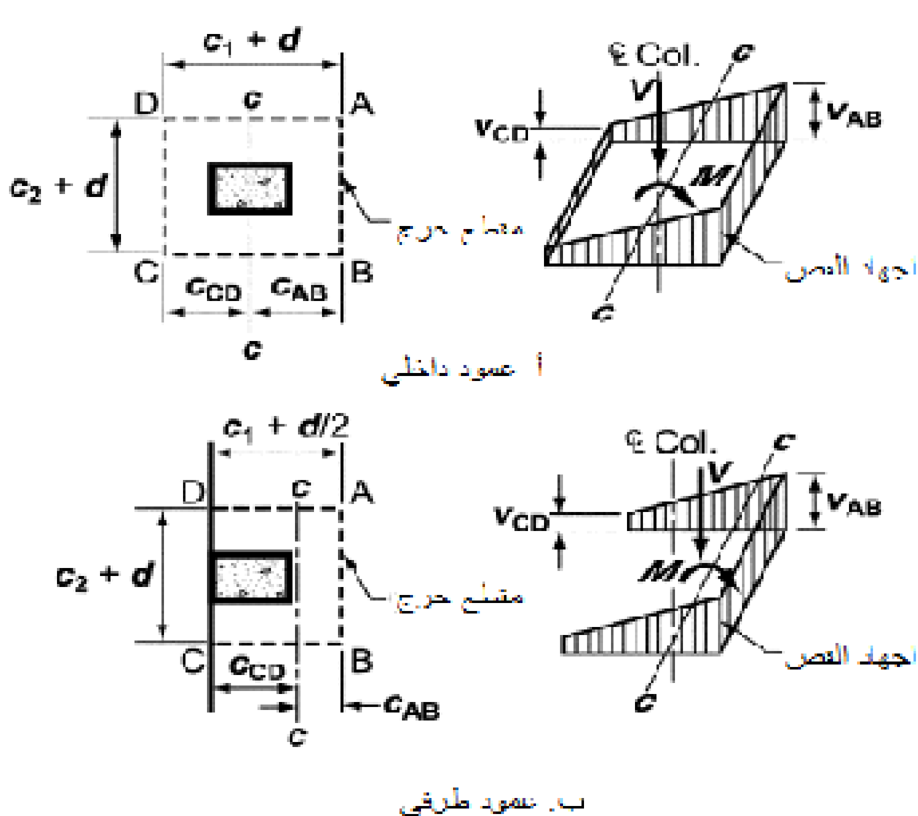
$$\phi v_n = \frac{\phi V_c}{(b_o d)} \quad ...(32\text{-}8)$$

حيث أن (V_c) معرفة في الفقرة (8−10−3−1).

ب -للأعضاء المسلحة بحديد القص

$$\phi v_n = \frac{\phi (V_c + V_S)}{(b_o d)} \quad ...(33\text{-}8)$$

حيث أن (V_c) و (V_s) معرفة في الفقرة (8−10−3−2) وينبغي أن يأخذ التصميم بنظر الاعتبار التغير في قيمة إجهاد القص المتسبب عن قوة القص والعزم مع مراعاة أن لا يتجاوز المقدار $(\phi(0.17\lambda\sqrt{f_c'}))$ عند المقطع الحرج الواقع على مسافة $(d/2)$ مقاساً من الخط الأبعد لسيقان الأطواق المحيطة بالعمود.



شكل (8−18) توزيع إجهادات القص

الفصل التاسع
أطوال التثبيت وتوصيل قضبان التسليح
Development and Splices of Reinforcement

9–1 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان التسليح :-(Development of Reinforcement- General)

يجب توليد قوى الشد أو الانضغاط في حديد التسليح على كل جانب من جوانب أي مقطع من مقاطع العنصر الإنشائي الخرساني باستخدام أطوال التثبيت أو استخدام قضبان محززة ذات رؤوس (headed deformed bars) أو تنفيذ عكفة عند طرف القضيب أو يتم التثبيت من خلال وسائل التثبيت الميكانيكية (mechanical devices) كما يمكن استعمال طريقة أو أكثر من طرق التثبيت المذكورة في أعلاه سوية.

9–1–1 يجب أن لا تزيد قيم $\sqrt{f_c'}$ المستخدمة في هذا الفصل عن المقدار (8.3) نت/مم^2.

9–1–2 يجب تحقيق متطلبات السلامة الإنشائية بالإضافة إلى متطلبات هذا الفصل التي تؤثر على تفصيل وترتيب حديد التسليح ومتطلبات التكامل الإنشائي (structural integrity).

9-1-3 لاتتطلب اطوال التثبيت (Development Lengths) الواردة في الفصل التاسع من هذه المدونة معامل تخفيض للمقاومة (Ø).

9–2 أطوال التثبيت لقضبان تسليح الشد المحزز وأسلاك الشد المحززة :
(Development of Deformed Bars and Deformed Wires in Tension)

9–2–1 ينبغي حساب طول التثبيت ℓ_d للقضبان المحززة أو السلك المحزز تحت تأثير الشد بموجب متطلبات الفقرة (9–2–2) او متطلبات الفقرة (9–2–3) مع مراعاة استخدام عوامل التعديل المناسبة الواردة في الفقرات (9–2–4) و (9–2–5) على أن لا يقل ℓ_d عن 300مم.

9–2–2 يمكن تأمين طول التثبيت ℓ_d للقضبان أو الأسلاك المحززة كما في أدناه.

حدود مسافات التباعد والغطاء الخرساني لحماية التسليح	للقضبان بقطر 19مم أوأقل	للقضبان 22مم أو أكثر
في حالة تحقيق الاشتراطات التالية: 1. مسافة التباعد الصافية بين القضبان أو الأسلاك المثبتة أو الموصولة لا تقل عن d_b. 2. غطاء الحماية الخرساني لا يقل عن d_b. 3. لا تقل الأطواق والرباطات (ties) خلال طول التثبيت ℓ_d عن المتطلبات الدنيا لهذه المدونة أو أن لا تقل مسافات التباعد الصافية بين القضبان أو الأسلاك المثبتة أو الموصولة عن $(2d_b)$ وأن لا يقل غطاء الحماية الخرساني عن d_b.	$\left(\frac{f_y\psi_t\psi_e}{2.1\lambda\sqrt{f_c'}}\right)d_b$	$\left(\frac{f_y\psi_t\psi_e}{1.7\lambda\sqrt{f_c'}}\right)d_b$
للحالات الاخرى التي لم ترد في أعلاه	$\left(\frac{f_y\psi_t\psi_e}{1.4\lambda\sqrt{f_c'}}\right)d_b$	$\left(\frac{f_y\psi_t\psi_e}{1.1\lambda\sqrt{f_c'}}\right)d_b$

9–2–3 يمكن تأمين طول التثبيت ℓ_d للقضبان المحززة أو السلك المحزز حسب العلاقة:

$$\ell_d = \left(\frac{f_y\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{1.1\sqrt{f_c'}\lambda\left(\frac{c_b+k_{tr}}{d_b}\right)}\right)d_b \qquad \text{(1-9) ...}$$

في هذه العلاقة يجب أن لا يزيد حد الحصر $(C_b+k_{tr})/d_b$ عن (2.5).

كما ان قيمة المقدار k_{tr} تحسب بموجب العلاقة :

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{s\ n} \qquad \text{(2-9) ...}$$

حيث أن:

n يمثل عدد القضبان أو الأسلاك التي سيتم عكفها أو تثبيتها على طول مستوي الانفلاق (plane of splitting) كما يسمح باستخدام قيمة K_{tr} مساوية إلى الصفر لتسهيل عملية التصميم حتى بوجود حديد تسليح عرضي.

9−2−4 تستخدم قيم المعاملات الواردة في علاقات أطوال التثبيت في حالة الشد المذكورة في الفقرة (9−2) كما يلي:

أ - عندما يوضع حديد التسليح الأفقي بحيث يتوفر سمك من الخرسانة الطرية أسفل طول التثبيت أو وصلة القضيب لا يقل عن 300مم في هذه الحالة تكون قيمة المعامل $\left(\Psi_t\right)$ تساوي (1.3) اما في الحالات الأخرى فان $\left(\Psi_t = 1.0\right)$.

ب - بخصوص القضبان أو الأسلاك المطلية بمادة الايبوكسي التي يكون سمك غطاء الحماية فيها اقل من $\left(3d_b\right)$أو أن تكون المسافات الصافية بينها لا تقل عن $\left(6d_b\right)$فان قيمة$\left(\Psi e = 1.5\right)$اما بخصوص الحالات الأخرى فان قيمة $\left(\Psi_e\right)$تساوي 1.2و في حالة القضبان غير المطلية أو القضبان المغلونة فان $\left(\Psi_t = 1.0\right)$وفي جميع الأحوال يجب أن لا تزيد $\left(\Psi_e \Psi_t\right)$ عن 1.7.

ج - القضبان ذات القطر 19مم أو اقل تكون قيمة $\left(\Psi_s = 0.8\right)$بينما القضبان ذات القطر22مم أو أكثر فان قيمة $\left(\Psi_t\right)$ تؤخذ مساوية إلى $\left(\Psi_s = 1.0\right)$.

د - عند استخدام الخرسانة خفيفة الوزن يجب أن لا تزيد قيمة λ عن 0.75. اما بالنسبة للخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) فان λ=1.0.

9−2−5 يسمح بتخفيض طول التثبيت $\left(\ell_d\right)$ إذا كان حديد التسليح المستخدم لعنصر الانحناء يزيد عن ما يتطلبه التصميم الإنشائي، يستثنى من ذلك الحالة التي يكون فيها طول التثبيت مطلوباً لتوليد إجهاد الخضوع$\left(f_y\right)$ أو إذا كان التسليح مصمماً حسب شروط تصميم الزلازل. وتكون نسبة التخفيض مساوية إلى (المطلوبة في التصميم As/ المجهزة As).

9−3 أطوال التثبيت لقضبان أو أسلاك تسليح الانضغاط المحزز :

(Development of Deformed Bars or Wires in Compression)

9−3−1 يجب أن يحدد طول التثبيت $\left(\ell_d\right)$ للقضبان المحززة أو السلك المحزز في حالة الانضغاط حسب متطلبات الفقرة (9−3−2) مع تحديد معاملات التعديل المناسبة بموجب الفقرة (9−3−3)، وفي كافة الأحوال يتوجب أن لا يقل الطول $\left(\ell_{dc}\right)$عن (200 مم).

9−3−2 يحسب طول التثبيت $\left(\ell_d\right)$من العلاقة $\left(0.24 f_y / \lambda\sqrt{f'_c}\right)$على أن لا يقل عن $\left[(0.043 f_y) d_b\right]$ حيث تؤخذ قيمة λ كما عرفت في الفقرة (9-2-4- د) ، مع ملاحظة ان الثابت (0.043) تكون وحداته نت/مم^2.

9−3−3 يسمح بضرب طول التثبيت $\left(\ell_{dc}\right)$ بالمعامل المناسب التالي:

أ - في حالة كون التسليح أكثر مما يتطلبه التحليل (المطلوبة في التصميم As/ المجهزة As).

ب -عندما يكون حديد التسليح محاطا بتسليح حلزوني لا يقل قطره عن 6 مم ولا تزيد مسافة التباعد بين لفات الحلزون عن 100مم أو أن يكون حديد التسليح محاطاً بأطواق لا يقل قطرها عن 12مم وتكون مطابقة لما ذكر في الفقرة (4-5-9-2) ولا تزيد مسافة تباعد مراكزها عن (100 مم) فيكون معامل التخفيض =0.75 .

9-4 أطوال التثبيت لحزم القضبان : (Development of Bundled Bars)

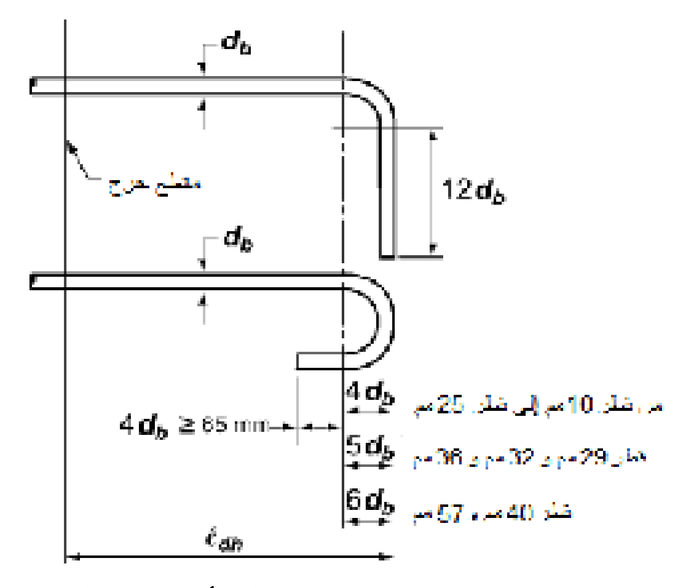
9-4-1 يجب أن تساوي أطوال التثبيت للقضبان المفردة الموجودة ضمن حزمة قضبان معرفة لقوى شد أو انضغاط مساوية إلى (1.2) طول التثبيت لقضيب مشابه منفرد إذا كانت الحزمة مؤلفة من ثلاثة قضبان أو مساوي إلى (1.33) طول التثبيت لقضيب مشابه منفرد إذا كانت الحزمة مؤلفة من أربعة قضبان .

9-4-2 لغرض تحديد مسافات التباعد وغطاء الحماية الواردة في الفقرة (9-2-2) وحد الحصر في الفقرة (9-2-3) والمعامل Ψ_e يجب أن تعامل حزمة القضبان كقضيب واحد يحسب قطره المكافئ من المساحة الكلية لقضبان الحزمة و يكون مركز ثقل القضيب المكافئ ثقله مطابقا مع مركز ثقل الحزمة وذلك لتحديد المعاملات المناسبة المذكورة في الفقرتين (9-2-3) (9-2-4).

9-5 أطوال التثبيت للعكفات القياسية في الشد :

(Development of Standard Hooks in Tension)

9-5-1 يحسب طول التثبيت (ℓ_{dh}) في حالة الشد للقضبان المحززة التي تنتهي بعكفة نظامية بموجب الفقرة (9-5-2) مع مراعاة استخدام معاملات التعديل المناسبة الواردة في الفقرة (9-5-3) على أن لا يقل طول التثبيت (ℓ_{dh})عن أو 150مم.



شكل (9-1) تفاصيل القضبان المعكوفة لتأمين العكفة القياسية

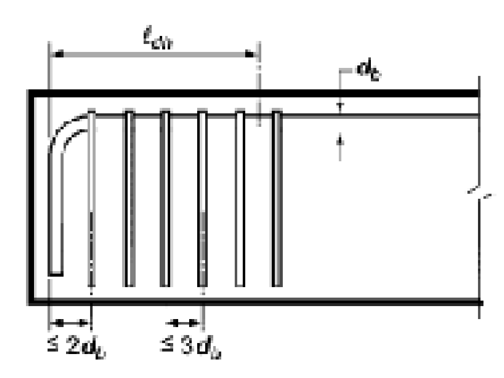
9−5−2 يحسب طول التثبيت للقضبان المحززة بموجب العلاقة:

$$\ell_{dh} = \left(\frac{0.24\psi_e \, f_y}{\lambda \sqrt{f_c^{'}}} \right) d_b \qquad \text{(3-9)} \ldots$$

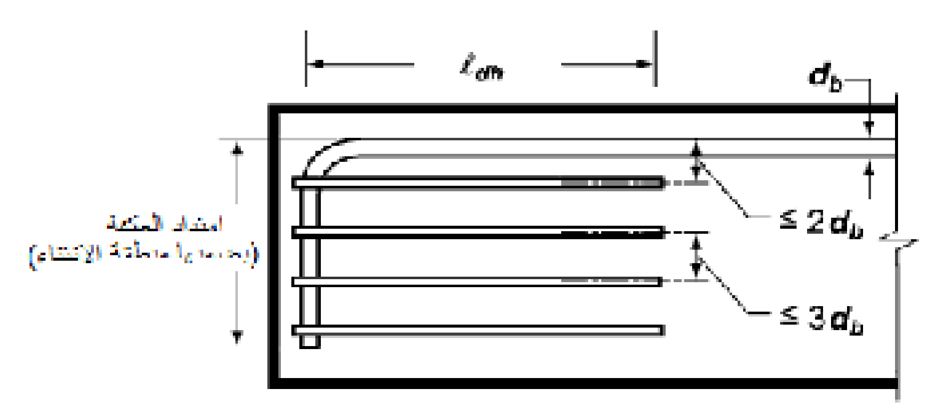
مع استخدام ψ_e تساوي 1.2 في حالة القضبان ا لمطلية بمادة الايبوكسي مع مراعاة أن تكون قيمة λ مساوية إلى 0.75 للخرسانة الخفيفة الوزن ، اما في الحالات الأخرى فان $\psi_e = 1.0$ و $\lambda = 1.0$.

9−5−3 يجب أن يضرب طول التثبيت (ℓ_{dh}) الوارد في الفقرة (9−5−2) بالمعاملات المناسبة التالية:

أ - القضبان بقطر 36مم أو أصغر والتي يتوفر في عكفاتها غطاء جانبي متعامد مع مستوى العكفة سمكه لا يقل عن 65مم وتكون العكفة بزاوية 90 درجة وأن يكون غطاء الخرسانة للقضيب بعد العكفة لا يقل عن 50مم فيكون مقدار المعامل (0.70).



شكل (9−2) الأطواق والرباطات الموضوعة بصورة متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته



شكل (9−3) الأطواق والرباطات الموضوعة بصورة موازية للقضيب المطلوب تثبيته

ب - للقضبان بقطر 36 مم أو أصغر المعكوفة بزاوية 90 درجة والتي تكون اما محاطة بأطواق (stirrups) أو رباطات (ties) متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسا فات تباعد لا تزيد عن $3d_b$ على كامل طول التثبيت (ℓ_{dh}) أو أن تكون محاطة بأطواق أو رباطات موازية ل لقضيب

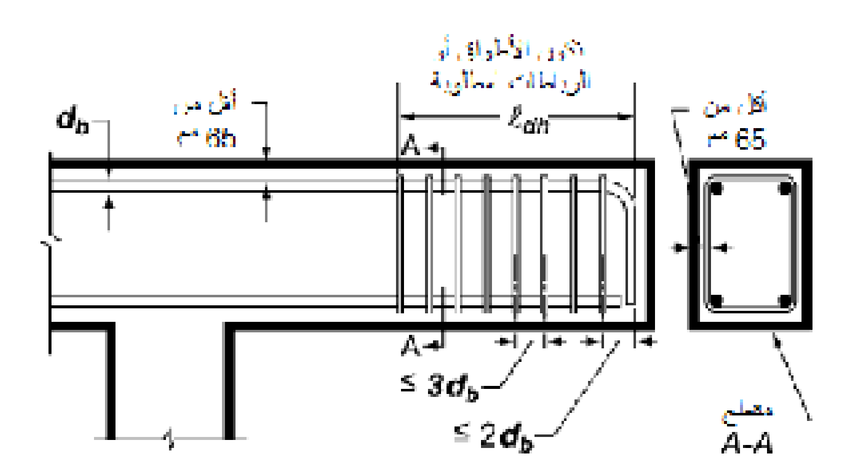
المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد عن $3d_b$ على امتداد طول العكفة مضافة له مسافة الثنية فيكون مقدار المعامل (0.80).

ج - القضبان بقطر 36مم أو أصغر المعكوفة بزاوية 180 درجة والمحاطة بأطواق أو رباطات متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافة تباعد لا تزيد عن $3d_b$ على كامل طول التثبيت (ℓ_{dh}) فيكون مقدار المعامل (0.80).

د - عند توفير حديد تسليح يزيد عن ما هو مطلوب في التحليل وفي حالة كون التثبيت غير مطلوب لتوليد (f_y) .... (A_s المطلوبة في التصميم / A_s المجهزة).

للفقرتين (ب) و (ج) في أعلاه يكون d_b هو قطر القضيب المعكوف وأن أول طوق أو رباط يجب أن يحيط بمنطقة الانثناء (bent portion) ضمن مسافة $2d_b$ على الجانب الخارجي للثنيةِ.

9–5–4 بالنسبة للقضبان المثبتة باستخدام عكفة نظامية عند النهايات الطرفية للعناصر الخرسانية ذات غطاء حماية من الجانبين ومن أعلى (أو أسفل) العكفة يقل عن 65 مم عندها يتوجب أن يحاط القضيب المعكوف بأطواق (stirrups) أو رباطات (ties) متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد عن $3d_b$ على كامل طول التثبيت (ℓ_{dh})، كما ينبغي أن يحيط أول طوق أو رباط بمنطقة انثناء العكفة ضمن مسافة $2d_b$ على الجانب الخارجي للثنية حيث ان d_b هو قطر القضيب المعكوف. في هذه الحالة يجب عدم استخدام معاملات الفقرات (9–5–3–ب) و (9–5–3–ج).



شكل (9–4) غطاء الحماية الخرساني المطلوب

9–5–5 لا تعتبر العكفات فعالة في تثبيت القضبان المعرضة لقوى الانضغاط.

9–6 أطوال التثبيت للقضبان ذات الرؤوس والقضبان المحززة المثبتة ميكانيكياً في الشد :
(Development of Headed Mechanically Anchored Deformed Bars in Tension)

9–6–1 يحدد طول التثبيت (ℓ_{dt}) للقضبان المحززة والمزودة برؤوس تحت قوى الشد وفقاً للفقرة (9–6–2)، ويجب أن يحدد استخدام الرؤوس لتثبيت القضبان المحززة تحت قوى الشد إلى الشروط التي تلبي الفقرات التالية:

أ - إجهاد الخضوع (f_y) لا يزيد عن 420 نت/مم².

ب - قطر القضيب لا يزيد عن 36مم.

ج - يجب أن تكون الخرسانة عادية الوزن.

د - يجب أن لا تقل مساحة التحميل الصافية للرأس (A_{brg}) عن $(4A_b)$.

هـ - يجب أن لا يقل غطاء الحماية الصافي عن $(2d_b)$.

و - يجب أن لا تقل مسافة التباعد الصافية بين القضبان عن $(4d_b)$.

9–6–2 يجب أن تتوفر الشروط التالية للقضبان المحززة المزودة برؤوس لغرض تلبية متطلبات الفقرة (2–5–5):

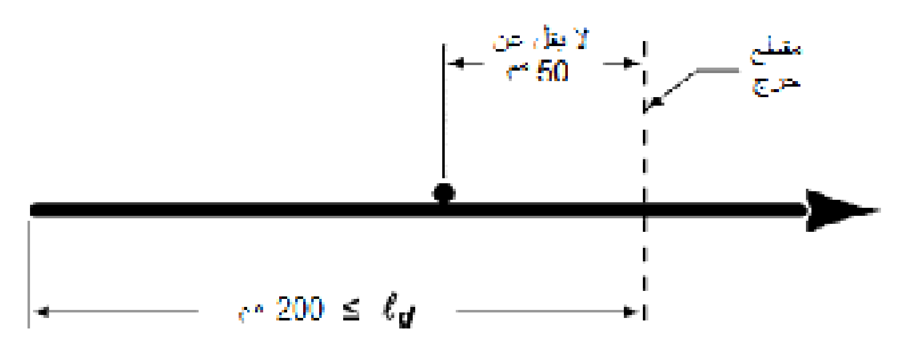
أ - يجب أن يكون طول التثبيت (ℓ_{dt}) في حالة الشد مساوياً إلى $(0.19\psi_e f_y/\sqrt{f_c'})d_b$ على أن لا تزيد قيمة مقاومة الانضغاط للخرسانة المستخدمة لحساب (ℓ_{dt}) عن (40) نت/مم². وأن تؤخذ قيمة المعامل ψ_e مساوياً إلى (1.2) في حالة استخدام حديد تسليح مطلي بمادة الإيبوكسي وتكون قيمته مساوية إلى (1.0) في الحالات الأخرى.

ب - يجب أن لا يقل الطول (ℓ_{dt}) عن $(8d_b)$ أو (150 مم) أيهما أكبر.

9–6–3 لا تعتبر الرؤوس فعالة في تثبيت القضبان المعرضة لقوى الانضغاط.

9–7 أطوال التثبيت لشبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة في الشد :
(Development of Welded Wire Reinforcement in Tension)

9–7–1 يحسب طول التثبيت (ℓ_d) لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة المعرضة لقوى الشد مقاساً من موقع المقطع الحرج إلى طرف السلك، كحاصل ضرب طول التثبيت (ℓ_{dt}) المحسوب وفقاً للفقرات (9–2–2) أو (9–2–3) بمعامل الأسلاك المحززة الملحومة (ψ_w) المحسوب بموجب الفقرات (9–7–2) أو (9–7–3) على أن لا يقل طول التثبيت عن200مم. يستثنى من هذه الحسابات أطوال التراكب للوصلات المبينة في الفقرة (9–16).



شكل (9−5) تثبيت شبكات الأسلاك المحززة الملحومة

9−7−2 في شبكات الأسلاك المحززة الملحومة (ℓ_d) الحاوية على قضيب عرضي واحد على الأقل ضمن المسافة (ℓ_d) ولا يبعد هذا القضيب المستعرض 50مم من موقع المقطع الحرج، يجب أن يؤخذ المعامل (ψ_w) القيمة الاكبر من المقدارين $\left(f_y - 240 / f_y\right)$ و $(5d_b / S)$ على أن لا تتجاوز قيمة (ψ_w) (1.0) حيث أن S هي مسافة التباعد بين الأسلاك المطلوب تثبيتها.

9−7−3 في الحالات التي لا تتوفر فيها اشتراطات الفقرة (9−7−2) تكون قيمة ψ_w مساوية إلى (1.0).

9−7−4 يجب تحديد طول التثبيت في شبكات أسلاك التسليح الملساء أو المحززة الملحومة والتي يكون مقاسها أكبر من (D-31) وفقاً للفقرة (9−7−5).

9−7−5 يجب أن لا يقل طول التثبيت (ℓ_d) في شبكات الأسلاك الملساء المعرضة لقوى شد عن

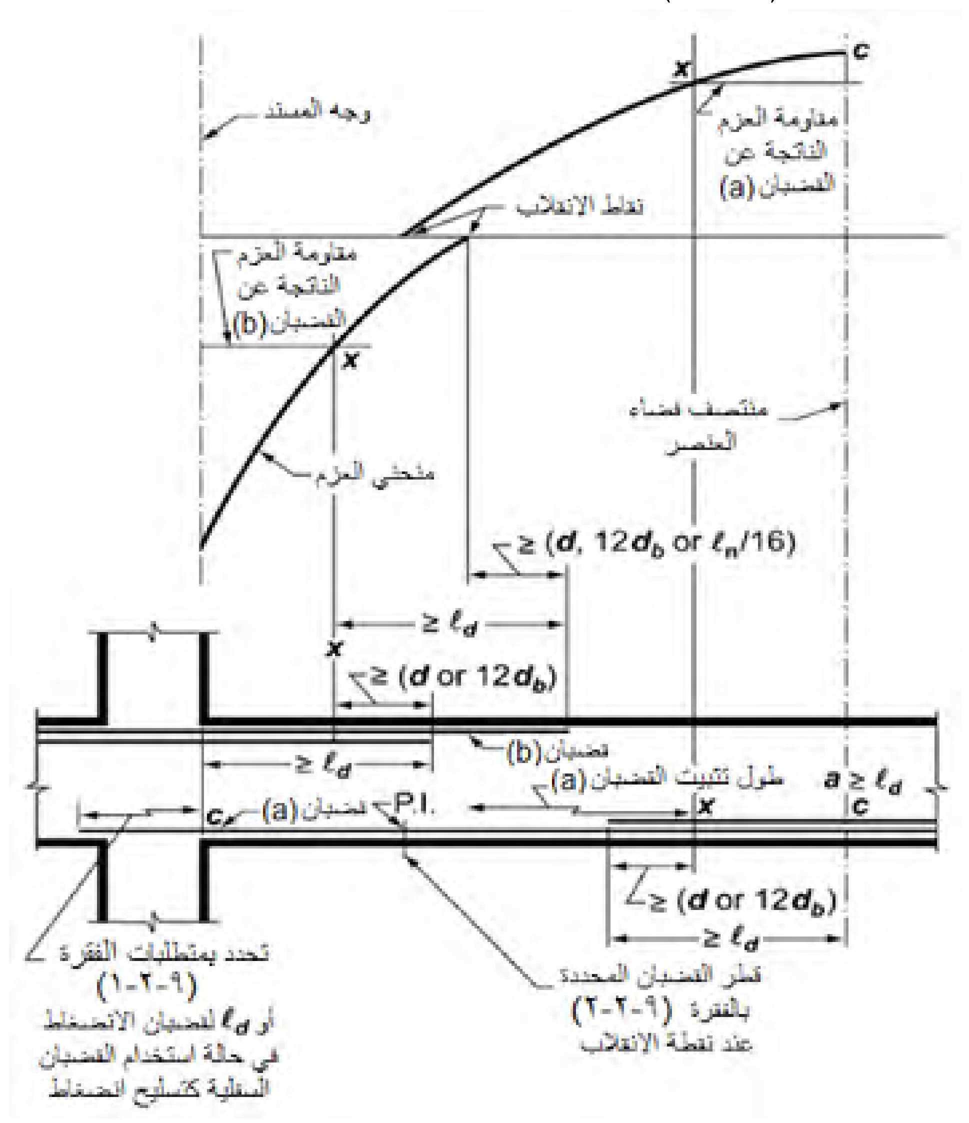
$$\ell_d = 3.3 \frac{A_b}{S} \frac{f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \qquad \text{(4-9)} \ldots$$

حيث يجب قياس (ℓ_d) من موقع المقطع الحرج إلى أبعد سلك مستعرض . كما ان Sتمثل مسافة التباعد بين الأسلاك المطلوب تثبيتها وقيمة λ كما هو معرف في الفقرة (9−2−4−د) مع مراعاة أن لا يقل (ℓ_d) عن 150مم يستثنى من ذلك حساب أطوال تراكب الوصلات المبينة في الفقرة (9−19).

9−8 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان تسليح الانحناء:
(Development of Flexural Reinforcement - General)

9 − 8−1 يسمح بتثبيت حديد تسليح الشد باستخدام الثني خلال الوترة (web) حتى يصبح مستمراً مع التسليح الموجود على الوجه المقابل للعنصر.

9–8–2 تكون مواقع المقاطع الحرجة لتثبيت حديد التسليح في عناصر الانحناء عند نقاط الإجهاد الأقصى، وعند النقاط الواقعة ضمن الفضاء التي يتم عندها إيقاف أو ثني التسليح المجاور لها على أن يراعى تحقيق اشتراطات الفقرة (9–9–2).



شكل (9–6) أطوال التثبيت لقضبان الانحناء في عتبة مستمرة

9–8–3 ينبغي أن يمتد حديد التسليح لمسافة تساوي الارتفاع الفعال لمقطع العنصر (d) أو $(12d_b)$ أيهما أكبر مقاسة من المقطع الذي تنتفي عنده الحاجة لتوفير تسليح لمقاومة الانحناء . يستثنى من ذلك مناطق مساند العتبات البسيطة ومناطق الحافة الحرة للعتبات الناتئة.

9–8–4 يجب أن يمتد حديد التسليح المستمر مسافة تثبيت إضافية لا تقل عن (ℓ_d) بعد نقطة الانثناء أو نقطة إيقاف تسليح حديد الشد التي تنتفي عندها الحاجة لتوفير حديد تسليح يقاوم الانحناء.

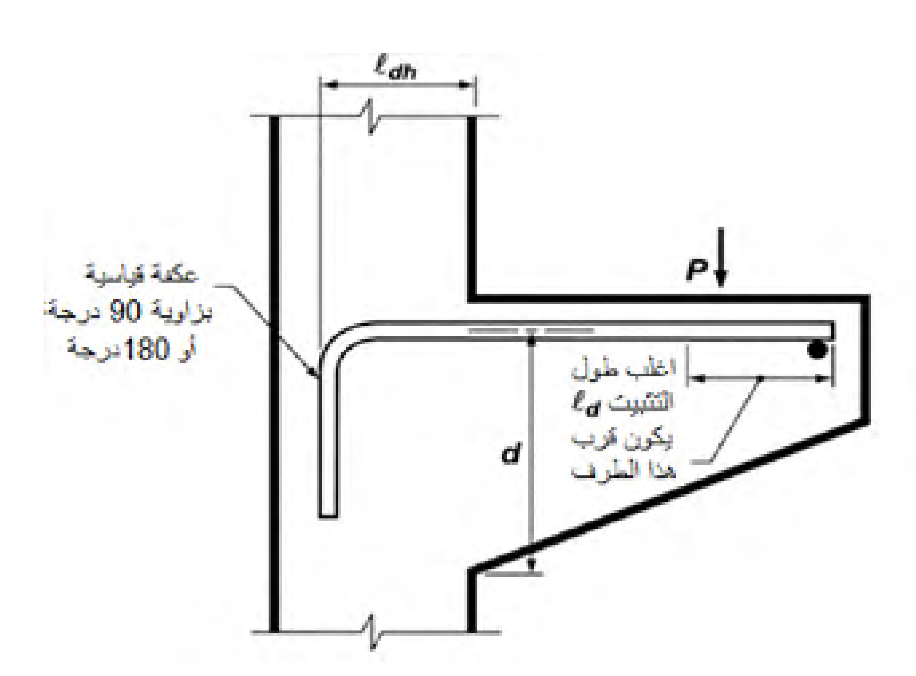
9-8-5 يمنع إيقاف قضبان تسليح الانحناء في منطقة الشد إلا إذا توافرت اشتراطات الفقرات (9-8-5-1) أو (9-8-5-2) أو (9-8-5-3).

9-8-5-1 عند نقطة إيقاف حديد التسليح ينبغي أن لا تتجاوز قوة القص المضخمة المقدار $(2/3)\phi V_n$.

9-8-5-2 عند توفير مساحة تسليح الأطواق على طول كل قضيب أو سلك موقوف على مسافة *(3/4d)* مقاسة من نقطة الإيقاف ينبغي أن تفيض مساحة الأطواق عن تلك المطلوبة للقص واللي مع مراعاة أن لا تقل مساحة الأطواق الفائضة عن $(0.41 b_w S / f_{yt})$ وأن لا تتجاوز مسافة التباعد المقدار $(d / 8\beta_b)$.

9-8-5-3 عند توفير حديد التسليح المستمر المؤلف من قضبان ذات قطر 36 مم أو أصغر، وتساوي مساحته ضعف المساحة المطلوبة لمقاومة الانحناء عند نقطة الإيقاف، ولا تتجاوز قوة القص (V_u) المقدار ($(2/3)\phi V_n$).

9-8-6 يجب توفير تثبيت كافي لحديد تسليح الشد في عناصر الانحناء عندما لا يكون إجهاد حديد التسليح متناسباً بشكل خطي مع العزم . و كأمثله على ذلك الأسس المدرجة أو المائلة أو متغيرة المقطع والكتائف (brackets) وعناصر الانحناء العميقة أو العناصر التي لا يكون حديد تسليح الشد فيها موازياً لوجه الانضغاط.



شكل (9-7) العناصر الخرسانية التي تعتمد بشكل أساس على التثبيت عند الأطراف

9–9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء الموجب :

(Development of Positive Moment Reinforcement)

9–9–1 يجب أن يمتد ما لا يقل عن ثلث حديد تسليح الانحناء الموجب على طول فضاء العنصر وإلى داخل المساند، اما في العناصر المستمرة فيجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع حديد تسليح الانحناء الموجب على طول فضاء العنصر وإلى داخل المساند . كما ينبغي أن يمتد هذا التسليح داخل مساند العتبات مسافة لا تقل عن 150 مم.

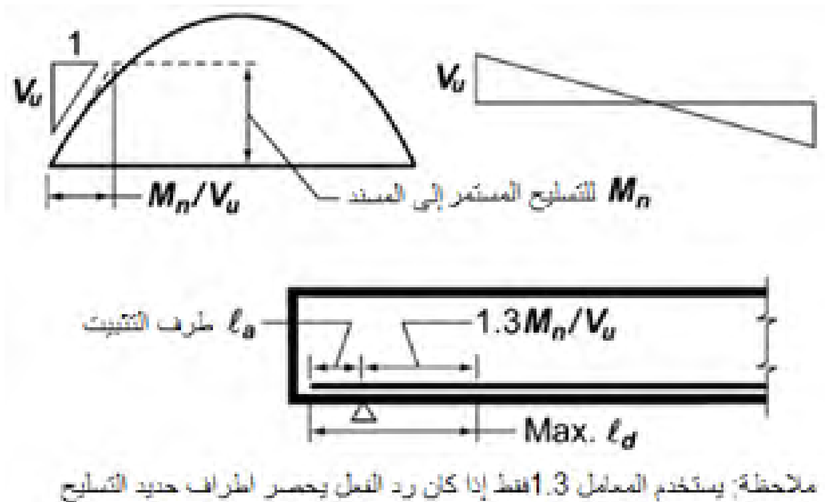
9–9–2 في المساند البسيطة وعند نقاط الانقلاب ينبغي تحديد قطر حديد تسليح العزم الموجب بحيث يحقق طول التثبيت (ℓ_d) المحسوب بموجب متطلبات الفقرة (9–2) ومتطلبات العلاقة (9–5).

$$\ell_d \le \frac{M_n}{V_u} + \ell_a \qquad (5\text{-}9)\ ...$$

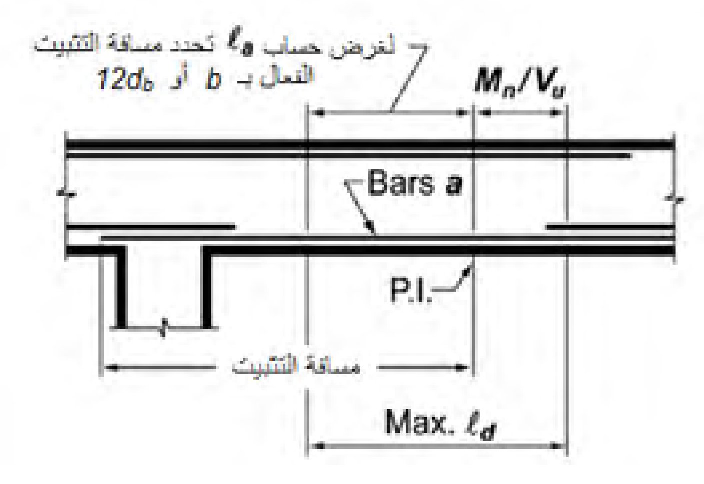
حيث (M_u) هي مقاومة العزوم الاسمية المحسوبة على أساس ان جميع حديد التسليح عند المقطع قد بلغ إجهاد الخضوع f_y.

(V_u) هي قوة القص المعاملة المحسوبة عند المقطع.

(ℓ_a) عند المسند يمثل طول التثبيت بعد مركز أو (ℓ_a) عند نقطة الانقلاب يحدد بـ (d) أو بـ $(12d_b)$ أيهما أكبر، ويمكن زيادة المقدار (M_n/V_u) بمقدار (30%) عندما تكون أطراف حديد التسليح محصورة بردود أفعال الانضغاط.



أ- المقاس الأقصى للقضيب عند المسند البسيط



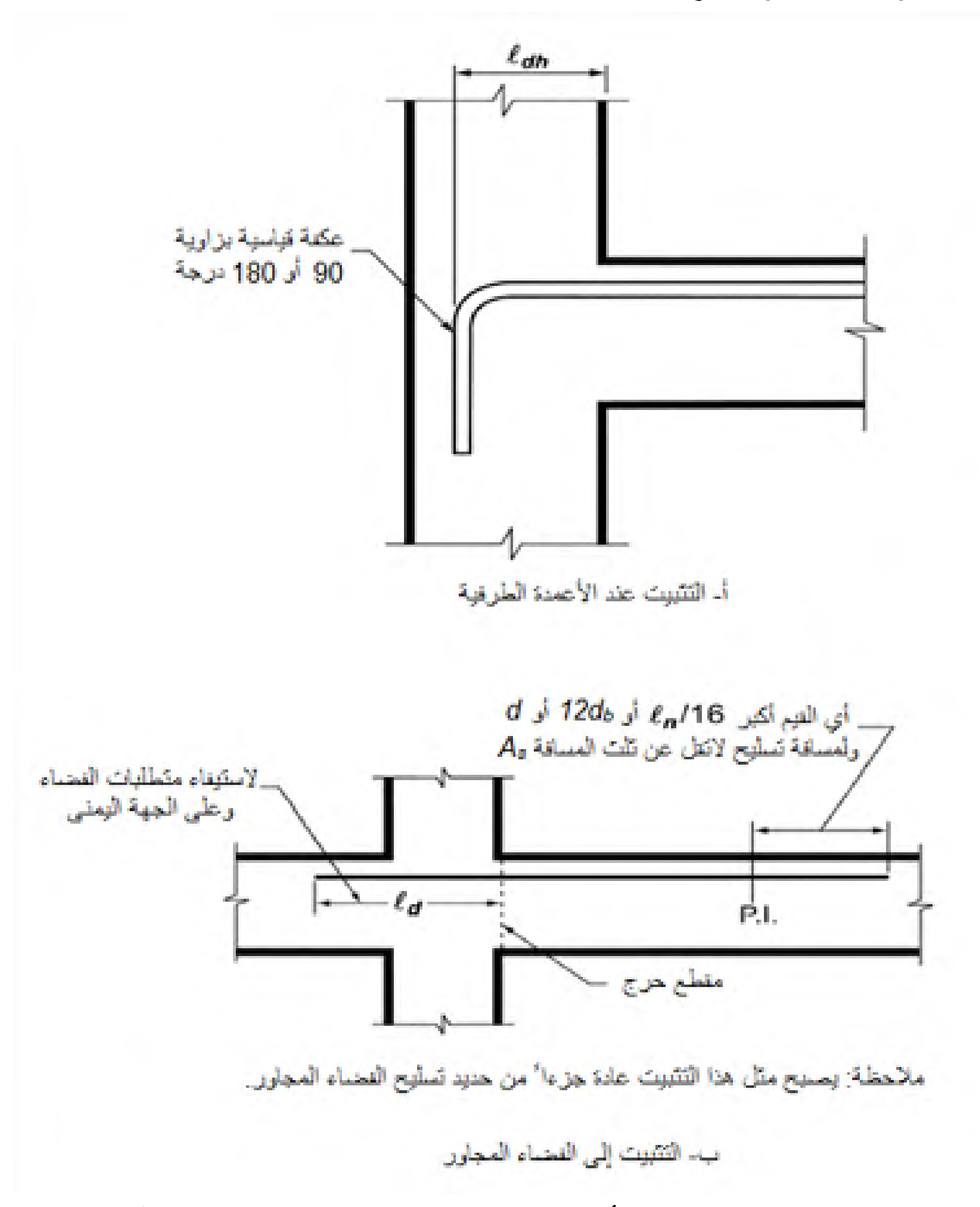
ب- المقاس الاقصى للقضيب (a) عند نقطة الانقلاب

شكل (9−8) مفاهيم تحديد المقاس الأقصى للقضبان

9−9−4 بخصوص العتبات العميقة بسيطة الإسناد فانه يجب تثبيت حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة إلى وجه المساند لبلوغ قيمة إجهاد الخضوع (f_y) يستثنى من ذلك العناصر المصممة بإتباع طريقة الملحق (أ) من هذه المدونة . كما ينبغي تثبيت حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة وفقا لمتطلبات الفقرة (أ−4−3)، ويجب أن يكون حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة مستمرا عند المساند الداخلية للعتبات العميقة المستمرة أو أن يكون متراكبا مع حديد تسليح الفضاءات المجاورة.

9–10 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء السالب :
(Development of Negative Moment Reinforcement)

9–10–1 يجب أن يثبت حديد تسليح العزم السالب في العناصر المستمرة أو المقيدة أو العناصر الناتئة أو أي عنصر من عناصر الهياكل الجاسئة (rigid frames) خلال العنصر الساند باستخدام أطوال التثبيت أو العكفات أو أجهزة التثبيت الميكانيكية.



شكل (9–9) أطوال التثبيت لحديد تسليح العزوم السالبة

9–10–2 يجب أن يتوفر لحديد تسليح العزم السالب أطوال تثبيت ممتدة إلى الفضاء بموجب متطلبات الفقرات (9–1) و (9–8–3).

9–10–3 يجب توفير أطوال تثبيت تمتد لمسافة لا تقل عن القيمة الأكبر من العمق الفعال *(d)* أو *$(12d_b)$* أو *$(\ell_h/16)$* بعد نقطة الانقلاب (inflection point). هذه الأطوال يجب أن تشمل ما لا يقل عن ثلث مساحة حديد الشد الكلي المخصص لمقاومة العزم السالب عند المساند.

9–10–4 في المساند الداخلية لعناصر الانحناء العميقة يجب أن يكون حديد الشد للعزوم السالبة مستمرا مع نظيره الخاص بالفضاءات المجاورة.

9–11 أطوال التثبيت لحديد تسليح الوترة : (Development of Web Reinforcement)

9–11–1 يجب أن يكون حديد تسليح الوترة (web) قريباً قدر الإمكان من سطوح الشد والانضغاط للعنصر وحسب ما تسمح به متطلبات غطاء الحماية و متطلبات التقارب (proximity) مع أنواع التسليح الأخرى.

9–11–2 يجب أن تثبت أطراف الأطواق وحيدة الساق أو الأطواق بشكل (U) بسيطة أو أشكال (U) متعددة باحدى الطرق التالية :

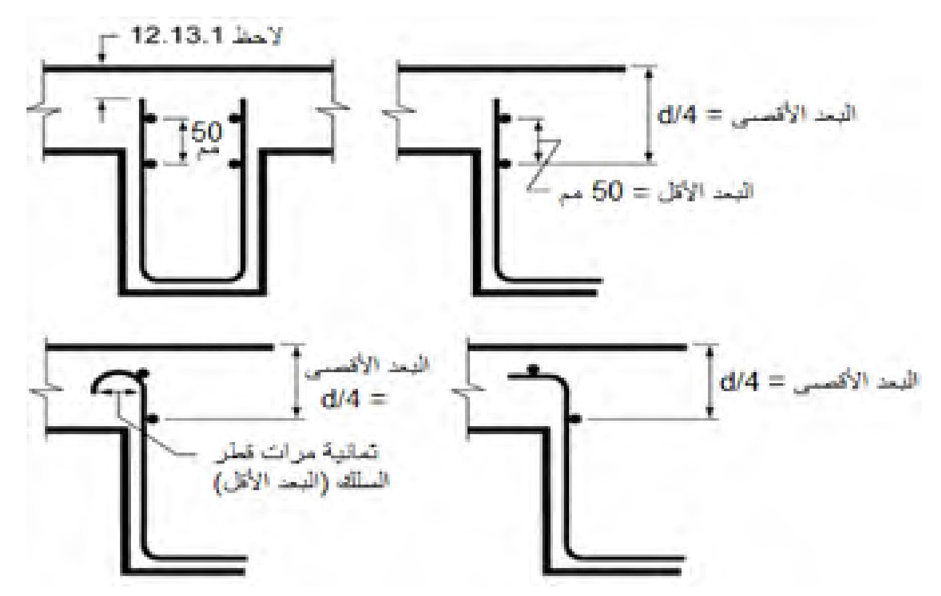
9–11–2–1 يجب تنفيذ عكفات قياسية حول قضبان التسليح الطولي قطر (16) مم أو أصغر وللاسلاك نوع MD200 وكذلك القضبان ذات قطر (19 و 20 و 25) مم التي يكون اجهاد الخضوع *(f_{yt})* لها مساويا الى 280 نت/مم^2 أو اقل.

9–11–2–2 يجب توفير عكفة نظامية للأطواق قطر (16 مم) و (20 مم) و (25 مم) ذات إجهاد خضوع *(f_{yt})* يزيد عن (280) نت/مم^2 والتي تحيط بالقضيب الطولي . تنفذ هذه العكفة مضافاً إليها طول تثبيت يمتد بين منتصف ارتفاع العنصر والنهاية الخارجية البعيدة للعكفة يساوي أو يزيد عن $0.17\, d_b\, f_{yt}(\lambda\sqrt{f_c'})$.

9–11–2–3 يجب أن يتوفر لكل ساق من شبكة الأسلاك الملساء الملحومة التي تكون طوقاً بسيطاً على شكل (U) أحد الشرطين التاليين:

أ - سلكين طوليين بمسافة تباعد 50مم على طول العنصر الإنشائي عند قمة الشكل (U).

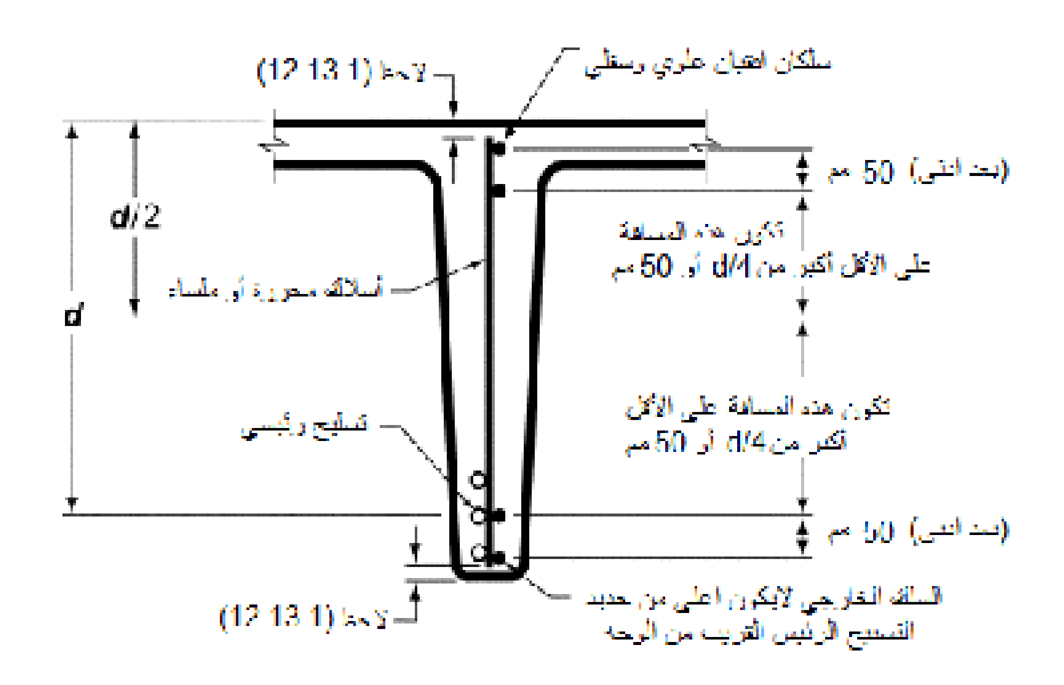
ب -سلك طولي يوضع على بعد لا يزيد عن *(d/4)* من وجه الانضغاط، وسلك ثاني أقرب إلى وجه الانضغاط ويبعد عن السلك الأول بما لا يقل عن 50 مم. كما ينبغي أن يوضع السلك الثاني على ساق الطوق بعد الثنية (bend) أو عند الثنية والتي تكون ذات قطر داخلي لا يقل عن $8d_b$.



شكل (9–10) التثبيت في منطقة الانضغاط للأطواق ذات شكل (U) المصنعة من شبكات الأسلاك الملساء الملحومة

9–11–2–4 يوضع سلكان طوليان عند كل طرف من طرفي الطوق منفرد الساق المنفذ باستخدام شبكات الأسلاك الملحومة وتكون مسافة التباعد بين السلكين (50 مم) ويبعد السلك الداخلي مسافة لا تقل عن *(d/4)* أو (50 مم) أيهما أكبر، مقاسة من منتصف العمق الفعال *(d/2)*.

كما ينبغي أن لا يبعد السلك الطولي الخارجي عند وجه الشد بأكثر من بعد تسليح الانحناء الرئيس القريب للوجه المذكور.



شكل (9–11) تثبيت تسليح القص على شكل ساق مفردة مصنعة من شبكات الأسلاك الملحومة

9–11–2–5 عند التثبيت باستخدام نظام العوارض (joist construction) المعرفة في الفقرة (5–11) تنفذ عكفة قياسية للقضبان قطر 12مم والأسلاك نوع (MD1300) أو أصغر.

9–11–3 في الأطواق على شكل (U) البسيط أو مكونة من أشكال (U) متعددة يجب أن تحيط كل ثنية في الجزء المستمر من الطوق المثبت عند أطرافه بقضيب طولي.

9–11–4 إذا امتدت القضبان الطولية المحنية (bars bent) التي تعمل كتسليح قص إلى داخل منطقة الشد فيجب أن تكون مستمرة مع التسليح الطولي.

اما إذا امتدت إلى داخل منطقة الانضغاط فيجب أن تثبت بعد منتصف الارتفاع الفعال ($d/2$) كما هو مطلوب لأطوال التثبيت وفقا للفقرة (9-2) وذلك لبلوغ إجهاد الخضوع (f_{yt}) اللازم لتحقيق العلاقة (8–12) من هذه المدونة.

9–11–5 تعتبر أزواج الأطواق أو الرباطات المستعرضة (lateral ties) على شكل (U) الموضوعة بحيث تشكل طوقا مغلقا انها قد تراكبت بشكل تام وذلك عندما يكون طول وصلة التراكب مساويا إلى ($1.3\ell_d$).

في العناصر التي لا يقل عمقها عن 450 مم إذا كانت قيمة $A_b\, f_{yt}$ لا تزيد عن40 كيلو نت لكل ساق من سيقان الطوق عندها يمكن اعتبار الوصلات كافية شريطة أن تمتد سيقان الأطواق على كل العمق المتوفر في العنصر.

9–12 مقدمة عن وصلات حديد التسليح : (Splices of Reinforcement- General)

9–12–1 ينبغي أن تنفذ وصلات التسليح بموجب ما هو موضح في المخططات التصميمية ووثائق المقاولة أو المواصفات الفنية ، أو بعد استحصال موافقة الجهات الفنية التصميمية.

9–12–2 وصلات التراكب (Lap Splices)

9–12–2–1 لا يجوز استخدام وصلات التراكب في القضبان التي يزيد قطرها عن 36 مم يستثنى من ذلك ما ورد في الفقرتين (9–13–3) و(12–8–2–3).

9–12–2–2 يجب حساب وصلات تراكب حزم القضبان اعتماداً على الطول المطلوب لوصل القضبان المفردة ضمن الحزمة مع تحقيق زيادة في طول الوصلة وفقاً للفقرة (9-4) كما يجب أن لا تتداخل (overlap) وصلات القضبان المفردة ضمن الحزمة علاوة على ذلك يجب عدم وصل كل الحزمة بالتراكب.

9-12-2-3 في عناصر الانحناء يجب أن لا تزيد مسافة التباعد العرضي بين ا لقضبان الموصولة بوصلات تراكب غير متلامسة (noncontact) خمس الطول المطلوب للوصل أو 150 مم أيهما أقل.

9-12-3 الوصلات الميكانيكية والوصلات الملحومة (Mechanical and Welded Splices)

9-12-3-1 يسمح باستخدام الوصلات الميكانيكية أو التوصيل باللحام.

9-12-3-2 يجب أن يحقق التوصيل بالمثبتات الميكانيكية في حالتي الشد أو الانضغاط اجهادا لا يقل عن (125%) من إجهاد الخضوع (f_y) للقضبان الموصولة .

9-12-3-3 باستثناء ما اشترط عليه في هذه المدونة، يجب أن تجري جميع أنواع اللحام وفقاً لمتطلبات اللحام الإنشائي بموجب المدونات وا لمواصفات العراقية المتخصصة في هذا المجال أو بموجب المدونات والمواصفات العالمية المعتمدة.

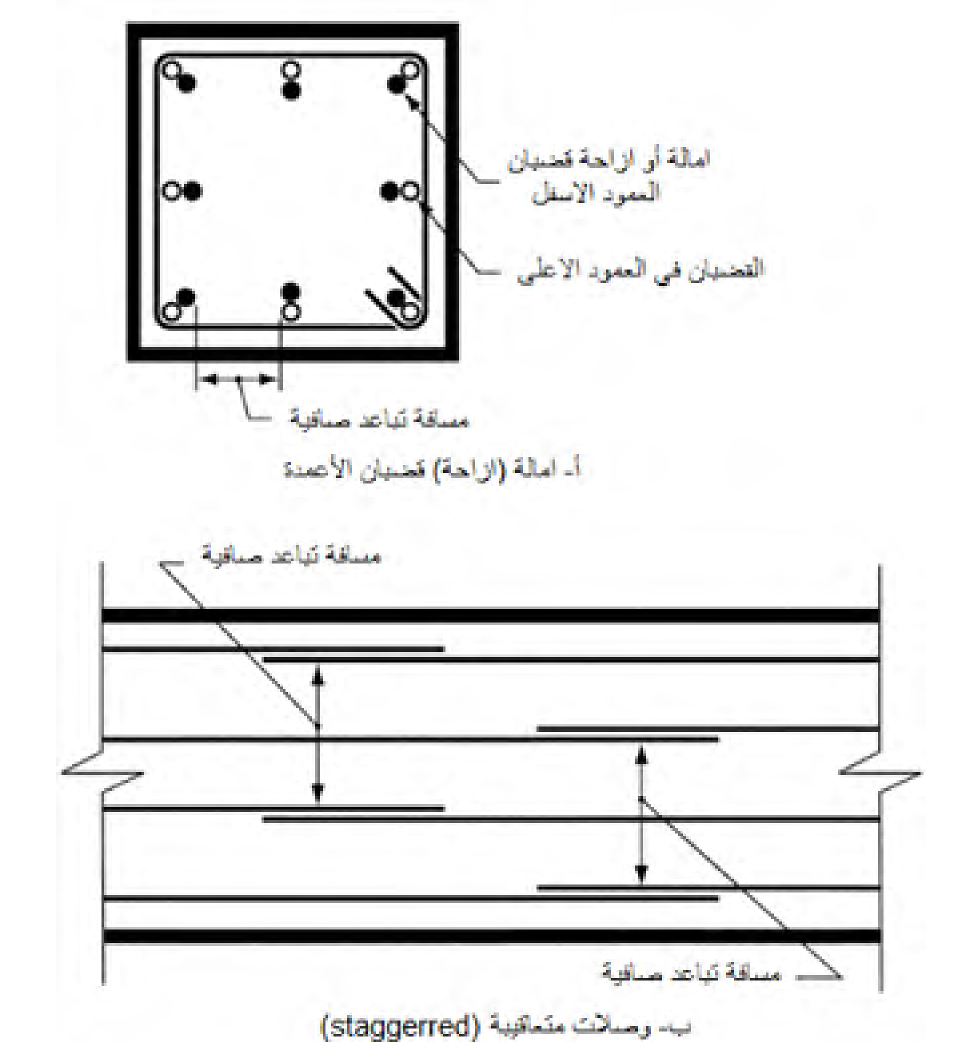
9-12-3-4 يجب أن تحقق وصلات اللحام إجهاد لا يقل عن (125%) من إجهاد الخضوع (f_y) للقضبان الملحومة.

9-13 وصلات قضبان التسليح أو أسلاك التسليح المحززة في الشد :
(Splices of Deformed Bars and Deformed Wires in tension)

9-13-1 يجب أن يكون طول التراكب الأدنى في وصلات تراكب الشد كما هو مطلوب لوصلات الصنفين (A) و(B) المبينة في أدناه على أن لا يقل طول التراكب عن300 مم حيث:

- وصلات الصنف (A)............ $1.0\ \ell_d$.
- وصلات الصنف (B)............ $1.3\ell_d$.

حيث ان طول التثبيت (ℓ_d) يحسب وفقاً للفقرة (9-2) لتحقيق إجهاد الخضوع (f_y) مع عدم الحاجة للتقيد بالحد الأدنى 300مم المذكور في الفقرة (9-2-1).



شكل (9−12) المسافة الصافية بين القضبان الموصولة

9−13−2 يجب أن تكون و صلات التراكب في القضبان المحززة أو السلك المحزز المعرضة للشد من الصنف (B) ويسمح باستخدام الوصلات من الصنف (A) عندما لا تقل مساحة حديد التسليح المستخدم على طول التراكب الكلي عن ضعف المساحة المطلوبة بموجب التحليل.

9−13−3 عند استخدام وصلات تراكب لقضبان شد ذ ات أقطار مختلفة فيجب أن يكون طول الوصلة مساويا إلى القيمة الأكبر لطول التثبيت (ℓ_d) للقضيب ذو القطر الأكبر أو لطول وصلة تراكب الشد للقضيب ذو القطر الأصغر.

9−13−4 عندما تكون مساحة التسليح الفعلية اقل من ضعف المساحة المطلوبة بموجب التح ليل ينبغي أن تحقق الوصلات الملحومة أو الوصلات الميكانيكية متطلبات الفقرتين (9−12−3−2) و (9−12−3−4).

9–13–5 يجب تنفيذ الوصلات في عناصر الشد (tension tie members) بشكل وصلات ملحومة كاملة أو ميكانيكياً بالكامل، وذلك وفقاً لمتطلبات الفقرتين (9– 12–3–2) أو (9–12–3–4) كما يجب ان تترتب الوصلات في القضبان المتجاورة بالتعاقب (staggered) وعلى مسافات لا تقل عن 750مم.

9–14 وصلات قضبان التسليح المحززة في الانضغاط :
(Splices of Deformed Bars in Compression)

9–14–1 ينبغي توفير أطوال وصلات التراكب في حالة الانضغاط كما يلي:

أ - $(0.071\ f_y db)$ في حالة كون إجهاد الخضوع f_y لا يزيد عن 420 نت/مم^2.

ب -$(0.13f_y - 24)db$ في حالة كون إجهاد الخضوع f_y يتجاوز 420 نت/مم^2.

ج -لا يقل طول الوصلة عن 300 مم.

عند استخدام خرسانة ذات مقاومة انضغاط تقل عن 21 نت/مم^2 يجب زيادة طول وصلة التراكب بمقدار ثلث الطول المطلوب.

9–14–2 عندما تكون القضبان المعرضة للانضغاط والموصولة بالتراكب ذات أقطار مختلفة فينبغي أن يمثل طول التراكب المطلوب القيمة العظمى مما يلي:

أ – طول التثبيت للقضيب ذي القطر الأكبر.

ب –الطول الموصول للقضيب ذي القطر الأصغر.

ويمكن أن توصل القضبان ذات الأقطار 43 و 57 مم بالتراكب مع القضبان ذات قطر 36 مم أو أصغر.

9–14–3 يجب أن تحقق الوصلات الملحومة أو الميكانيكية المعرضة للانضغاط متطلبات احدى الفقرتين (9–12–3–2) أو (9–12–3–4) .

9–14–4 وصلات التحميل الطرفية (End Bearing Splices)

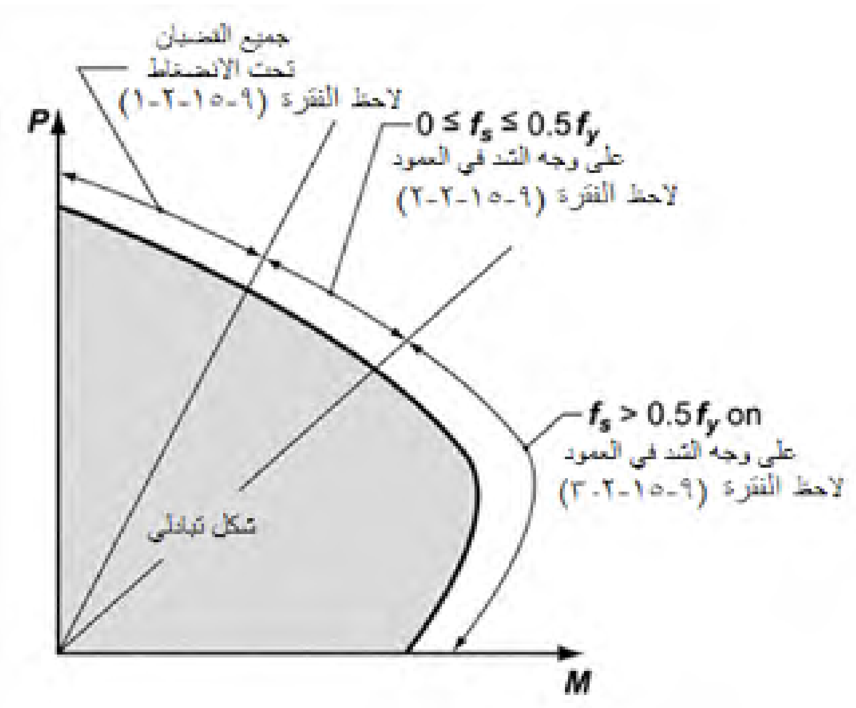
9–14–4–1 في القضبان المعرضة للانضغاط يسمح بنقل إ جهاد الانضغاط باستخدام وصلات تحميل طرفية فقط. تنفذ هذه الوصلات بواسطة قطع النهاية الطرفية بشكل قائم (square cut) مع تحقيق تماس مركزي (concentric contact) باستخدام أجهزة مناسبة.

9–14–4–2 يتوجب أن تتوقف أطراف القضبان عند سطوح مستوية متعامدة مع محور القضبان (الزاوية المسموحة للتفاوتات تكون ضمن (1.5 درجة))، كما يجب أن تركب بإسناد كامل لا يميل بأكثر من 3 درجة بعد استكمال التنفيذ.

9–14–4–3 تستخدم وصلات التحميل الطرفية في العناصر الحاوية على رباطات مغلقة أو أطواق مغلفة أو تسليح حلزوني (Spirals) فقط.

9–15 متطلبات الوصلات في الأعمدة : (Splice Requirements for Columns)

9–15–1 تستخدم وصلات التراكب ووصلات اللحام التخالفي (butt welding) والوصلات الميكانيكية ووصلات التحميل الطرفية في الأعمدة مع الأخذ بالاعتبار المتطلبات الوا ردة في الفقرات من (9-15-2) وإلى (9-15-4). ويجب أن تحقق الوصلات متطلبات كافة حالات تجميع الأحمال (load combinations) في العمود.



شكل (9–13) المتطلبات الخاصة بوصلات الأعمدة

9–15–2 وصلات التراكب في الأعمدة (Lap Splices in Columns)

9–15–2–1 عندما تكون الإجهادات الناتجة عن الأحمال المعاملة في القضبان تمثل إجهادات انضغاط, فان وصلات التراكب يجب أن تحقق متطلبات الفقرتين (9–14–4–1) و (9–14–4–2) وكذلك تحقق متطلبات الفقرتين (9–15–2–4) أو (9–15–2–5) إذا كانت هاتين الفقرتين قابلة للتطبيق.

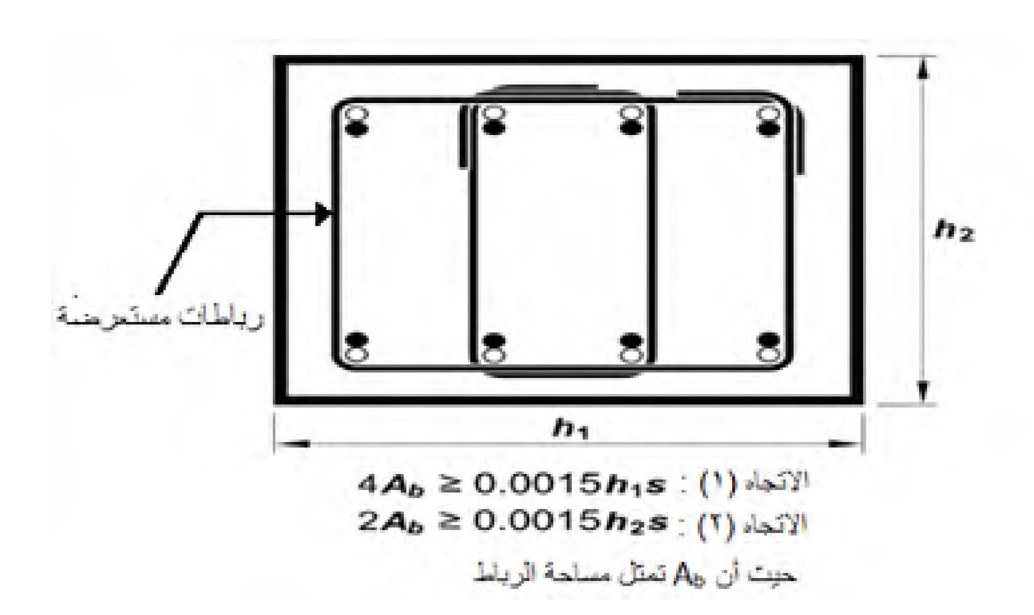
9-15-2-2 عندما تولد الأحمال المضخمة إجهادات شد في القضبان لا يتجاوز مقدارها $0.5f_y$، فينبغي أن تكون وصلات التراكب من الصنف (B) وذلك إذا تم وصل أكثر من نصف القضبان عند مقطع معين.

كما يمكن أن تكون وصلات الشد هذه من الصنف (A) إذا تم وصل أقل من نصف القضبان في مقطع معين مع مراعاة أن تتعاقب (staggered) وصلات التراكب الأخرى على مسافات مقدارها ℓ_d.

9-15-2-3 عندما تولد الأحمال المعاملة إجهادات شد في القضبان يتجاوز مقدارها $0.5f_y$ فان وصلات التراكب يجب أن تكون من الصنف (B).

9-15-5-4 في عناصر الانضغاط المجهزة برباطات مستعرضة (lateral ties) وعندما تكون هذه الرباطات ممتدة على طول وصلة التراكب ولها مساحة فعالة لا تقل عن 0.0015hs في كلا الاتجاهين فانه يسمح بضرب طول وصلات التراكب بالمعامل (0.85) مع مراعاة أن لا يقل طول وصلة التراكب عن (300 مم). كما يجب أن تستخدم السيقان المتعامدة مع البعد (h) في حساب المساحة الفعالة.

9-15-2-5 في عناصر الانضغاط المجهزة بتسليح حلزوني (spirals) يسمح بضرب طول وصلات التراكب للقضبان المحاطة بالتسليح الحلزوني بالمعامل (0.75) مع مراعاة أن لا يقل طول الوصلة التراكب عن (300 مم).



شكل (9-14) تطبيق متطلبات الفقرة (9-15-2-4)

9–15–3 الوصلات الميكانيكية أو وصلات اللحام في الأعمدة
(Mechanical or Welded Splices in Columns)

يجب أن تحقق الوصلات المثبتة ميكانيكياً أو وصلات اللحام في الأعمدة متطلبات احدى الفقرتين (9–12–3–2) أو (9–12–3–4).

9–15–4 وصلات التحميل الطرفية في الأعمدة (End-Bearing Splices in Columns)
يمكن استخدام وصلات التحميل الطرفية المتوافقة مع متطلبات الفقرة (9–14–4) في قضبان الأعمدة المعرضة إلى إجهادات انضغاط على أن تتعاقب (staggered) هذه الوصلات أو أن يتم تأمين قضبان إضافية في مواقع الوصل مع مراعاة أن تتولد مقاومة شد في القضبان المستمرة على امتداد وجه معين من العمود (وفقاً لمقدار إجهاد الخضوع fy لا تقل عن حاصل ضرب الإجهاد $(0.25f_y)$ بمساحة حديد التسليح الشاقولي عند ذلك الوجه.

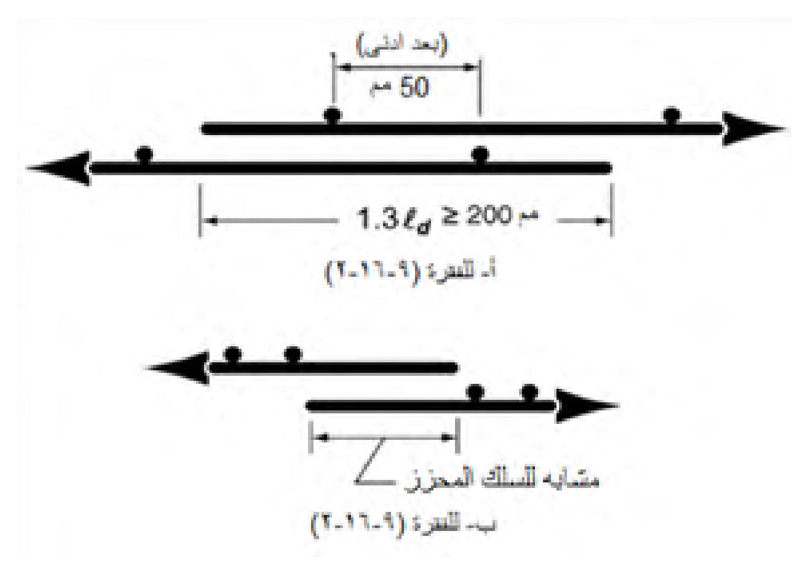
9–16 وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة في الشد :
(Splices of Welded Deformed Wire Reinforcement in Tension)

9–16–1 وصلات شبكات أسلاك اللحام المحززة في الشد
(Splices of Deformed Plain Wire Reinforcement in Tension)

9–16–1–1 يجب أن لا يقل طول وصلات التراكب الأدنى لشبكة الأسلاك المحززة الملحومة مقاسا بين طرفي كل شبكة أسلاك عن $(1.3\ell_d)$ أو (200 مم) أيهما أكبر مع مراعاة أن لا تقل مساحة التراكب المقاسة بين أبعد الأسلاك في شبكة الأسلاك عن 50 مم حيث ان (ℓ_d) يحسب وفقا لمتطلبات الفقرة (9-7) لغرض تأمين تحقيق إجهاد الخضوع (f_y).

9-16–1–2 ينبغي حساب وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة التي لا تحتوي على أسلاك عرضية ضمن طول التراكب بشكل يماثل حساب وصلات التراكب للسلك الملحوم.

9–16–1–3 في شبكات الأسلاك المحززة غير الملحومة أو أسلاك محززة باتجاه وصلة التراكب ذات مقاس أكبر من مقاس النوع (MD200) يجب أن تحسب أطوال وصلات التراكب بموجب متطلبات الفقرة (9–16–2).



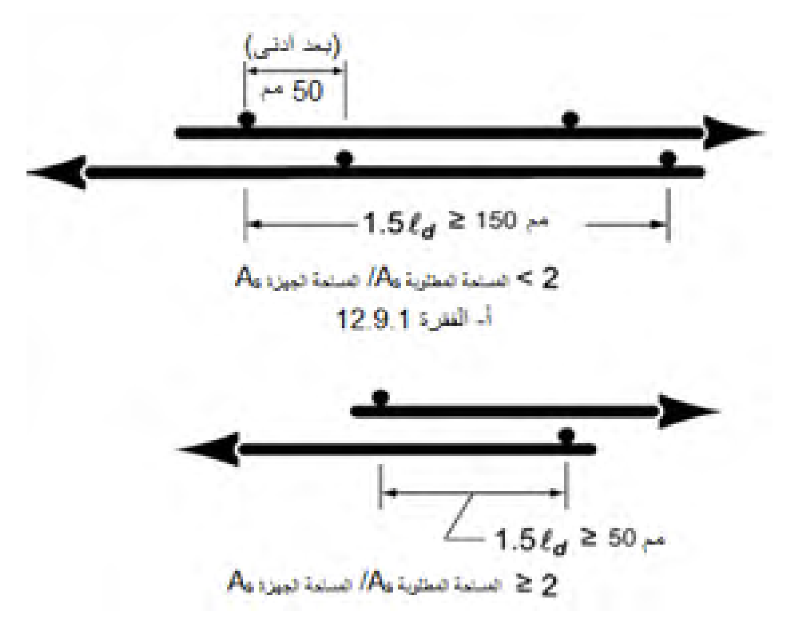
شكل (9−15) وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة

9−16−2 وصلات شبكات الأسلاك الملساء الملحومة في الشد

(Splices of Welded Plain Wire Reinforcement in Tension)

يجب أن يحسب طول وصلات التراكب الأدنى لشبكة الأسلاك الملساء الملحومة بموجب الفقرتين (9−16−2−1) و (9−16−2−2).

9−16−2−1 عندما تقل مساحة التسليح المجهزة لوصلات التراكب عند موقع التوصيل عن ضعف المساحة المطلوبة في التحليل فان طول التراكب مقاساً بين أبعد سلكين عرضيين لكل شبكة أسلاك يجب أن لا يقل عن مسافة تباعد الأسلاك العرضية مضافاً له (50 مم) ولا يقل عن $(1.5\ell_d)$ ولا عن (150مم)، حيث أن (ℓ_d) يمثل طول التثبيت الذي يؤمن تحقيق إجهاد الخضوع f_y.



شكل (9−16) وصلات التراكب لشبكات الأسلاك الملساء الملحومة

9-16-2-2 عندما لا تقل مساحة التسليح المجهزة عند موقع التوصيل عن ضعف المساحة المطلوبة في التحليل فان طول التراكب بين أبعد سلكين عرضيين لكل شبكة يجب أن لا يقل عن $(1.5\ell_d)$ ولا عن (50مم)، حيث أن (ℓ_d) يمثل طول التثبيت الذي يؤمن تحقيق إجهاد الخضوع (f_y).

الفصل العاشر
أنظمة البلاطات باتجاهين
Two-Way Slab Systems

10–1 مقدمة عامة: (General)

10–1–1 تطبق فقرات الفصل العاشر على أنظمة البلاطات الخرسانية المسلحة لمقاومة الانحناء في اكثر من اتجاه واحد ويمكن لهذه البلاطات ان تحتوي على عتبات ممتدة بين المساند (slabs supported by edge beams) ان تكون بدون عتبات (flat slabs).

10–1–2 يمكن أن تستند أنظمة البلاطات على أعمدة أو جدران، وفي حالة الإستناد على أعمدة فان الأبعاد(C_1) و (C_2) والبعد الصافي (ℓ_n) تعتمد على المساحة الفعالة للإسناد والمحددة بتقاطع السطح الأسفل للبلاطة (أو اللوح المتدلي (drop panel) (إن وجد) مع اكبر مخروط دائري قائم، أو اكبر هرم قائم أو اسفين متغير المقطع (tapered wedge) والتي تقع سطوحها ضمن العمود أو تاج العمود (column capital) أو الكتيفة (bracket) مع مراعاة أن تميل جميع هذه السطوح عن محور العمود بزاوية لا تزيد عن (45 درجة) لتاج العمود ولا تقل عن(45 درجة) في الكتيفة.

10–1–3 تعتبر البلاطات الصلدة والبلاطات المحصورة بين الأضلاع (ribs) الممتدة باتجاهين أو بين العتبات الممتدة في اتجاهين مشمولة في مجال تطبيقات هذا الفصل.

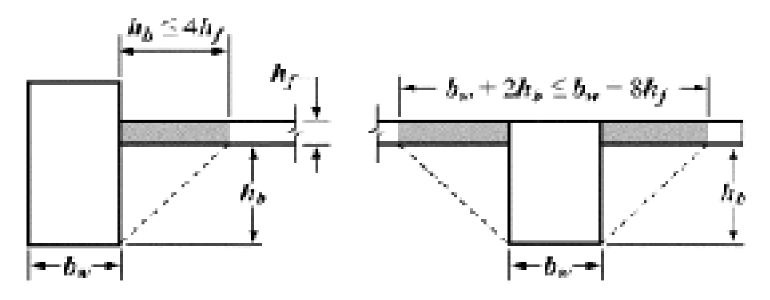
10–1–4 ينبغي أن يحدد السمك الأدنى للبلاطات المصممة وفقاً لهذا الفصل.

10–1–5 الشريحة الجانبية عند محاور الأعمدة أو الجدران (column strip) هي شريحة تصميمية ذات عرض على كل جانب من جوانب خط محاور الأعمدة أو الجدران (column centerline) مساوياً إلى ($0.25\ell_1$) أو ($0.25\ell_2$) أيهما اصغر (إلا إذا ذكر خلاف ذلك) كما يمكن أن تتضمن الشريحة الجانبية عتبات إن وجدت.

10–1–6 الشريحة الوسطية (middle strip) هي الشريحة التصميمية المحاطة بشريحتين جانبيتين (two-column strips).

10–1–7 لوحة البلاطة (slab panel) تكون لوحة البلاطة محددة على جميع حافاتها بالخطوط المركزية (centerlines) للأعمدة أو العتبات أو الجدران.

10-1-8 تتضمن العتبة في المنشآت المنفذة عناصرها بشكل مترابط مع بعضها البعض (monolithic casting) أو المنشآت المركبة بشكل تام (fully composite construction) ذلك الجزء من البلاطة المنفذ على كل جانب من جوانب العتبة، والممتد الى مسافة تساوي مسقط العتبة أعلى أو أدنى البلاطة، أيهما أكبر، على أن لا يزيد هذا الجزء عن أربعة أمثال سمك البلاطة وكما هو موضح في أدناه.



شكل (10-1) جزء البلاطة الذي يجب إضافته إلى مقطع العتبة

10-1-9 يجب أن يكون اللوح المتدلي (drop panel) الذي يستخدم لتقليل كمية حديد التسليح لمقاومة العزم السالب (negative moment reinforcement) فوق الأعمدة، أو يستخدم لتقليل الحد الأدنى لسمك البلاطة:

أ - ذو مسقط أسفل البلاطة مساويا على الأقل إلى ربع سمك البلاطة.

ب - ممتداً في كلا الاتجاهين مسافة مقاسة من مركز خط الإسناد (support centerline) لا تقل عن سدس الفضاء مقاسا بين مراكز المساند وفي نفس الاتجاه.

10-2 تسليح البلاطات: (Slab-Reinforcement)

10-2-1 لأنظمة البلاطات المسلحة باتجاهين ينبغي حساب كمية حديد التسليح اعتماداعلى مقدار العزوم في المقاطع الحرجة ، كما ينبغي أن لا تقل هذه الكمية عن كمية حديد التسليح المطلوبة وفقا للفقرة (4-5-11-3).

10-2-2 في البلاطات الصلدة يجب أن لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح في المقاطع الحرجة عن ضعفي سمك البلاطة.

10-2-3 يجب أن يمتد حديد تسليح العزوم الموجبة المتعامد مع الحافة غير المستمرة (discontinuous edge) إلى حافة البلاطة بشكل مستقيم (straight) أو معكوف بشكل (hooked) بمسافة تثبيت لا تقل عن (150مم) داخل العتبات الحولية (spandrel beams) أو الأعمدة أو الجدران.

10-2-4 حديد التسليح في منطقة العزوم السالبة المتعامد مع الحافات غير المستمرة (discontinuous edges) ينبغي أن يثنى أو يعكف أو يثبت داخل العتبة الحولية (spandrel beams) أو الأعمدة أو الجدران ويجب أن يمتد من وجه المسند إلى داخل الفضاء مسافة التثبيت المطلوبة وفقاً لمتطلبات الفصل التاسع.

10-2-5 عندما لا تكون البلاطة مستندة على عتبة حولية أو جدار عند حافتها غير المستمرة أو عندما تكون البلاطة ناتئة (cantilever) عن مسندها عند الحافة غير المستمرة في هذه الحالة يسمح بتثبيت (anchorage) حديد التسليح ضمن البلاطة.

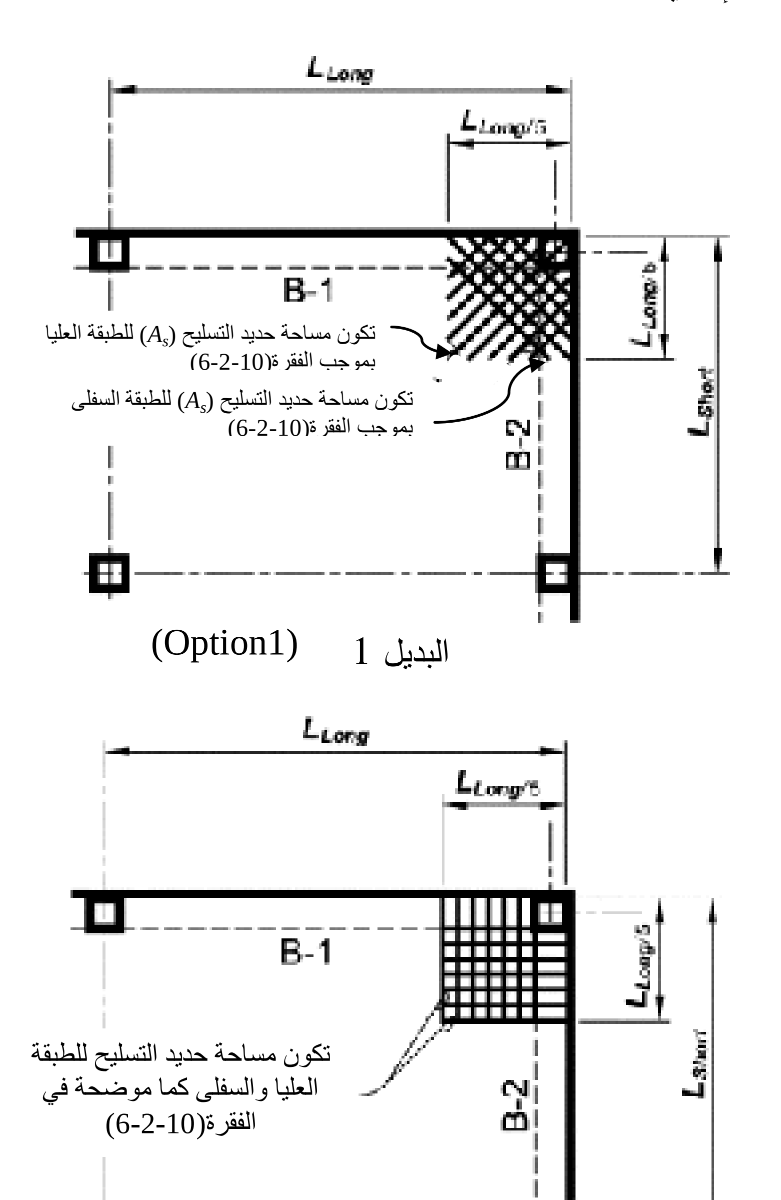
10-2-6 ينبغي توفير حيد تسليح علوي وسفلي بموجب متطلبات الفقرات من (10-2-6-1) إلى (10-2-6-4) في حالة كون الأركان الخارجية للبلاطات المستندة عند حافاتها على جدران طرفية (edge walls) أو عندما يكون واحد ة أو أكثر من العتبات الطرفية (edge beams) ذات نسبة جساءة (α_f) تزيد عن (1.0).

10-2-6-1 يجب أن يكون حديد التسليح العلوي والسفلي للأركان الخارجية كافياً لمقاومة عزم (لكل وحدة عرض من البلاطة) مساوياً إلى أقصى عزم موجب (لكل وحدة عرض) مسلط على لوحة البلاطة (slab panel).

10-2-6-2 يجب افتراض ان العزم المسلط في الوجه العلوي للبلاطة يكون حول المحور المتعامد مع الوتر (diagonal) المرسوم من الأركان. كما يفترض أن العزم المسلط في الوجه الأسفل للبلاطة يكون حول المحور الموازي للوتر المرسوم من أركان البلاطة.

10-2-6-3 يجب أن يمتد حديد تسليح الأركان لمسافة في كلا الاتجاهين مقاسة من الأركان مساوية إلى خمس طول الفضاء الأكبر للوحة البلاطة (slab panel).

10-2-6-4 يجب أن يكون حديد تسليح الأركان العلوي موازياً إلى الوتر ويكون حديد التسليح السفلي متعامداً مع الوتر في أسفل البلاطة كما مبين في أدناه وكبديل آخر يمكن توفير حديد تسليح الأركان على شكل شبكتين موازية إلى جوانب البلاطة في أعلى وأسفل البلاطة.



(Option1) البديل 1

(Option 2) البديل 2

الملاحظات:

1. يتم اختيار احد البديلين أعلاه عندما تكون نسبة الجساءة (α_f) للعتبتين (B-1) او (B-2) اكبر من 1.0.
2. أقصى مسافة تباعد مسموحة بين قضبان حديد التسليح هي ضعف سمك البلاطة.

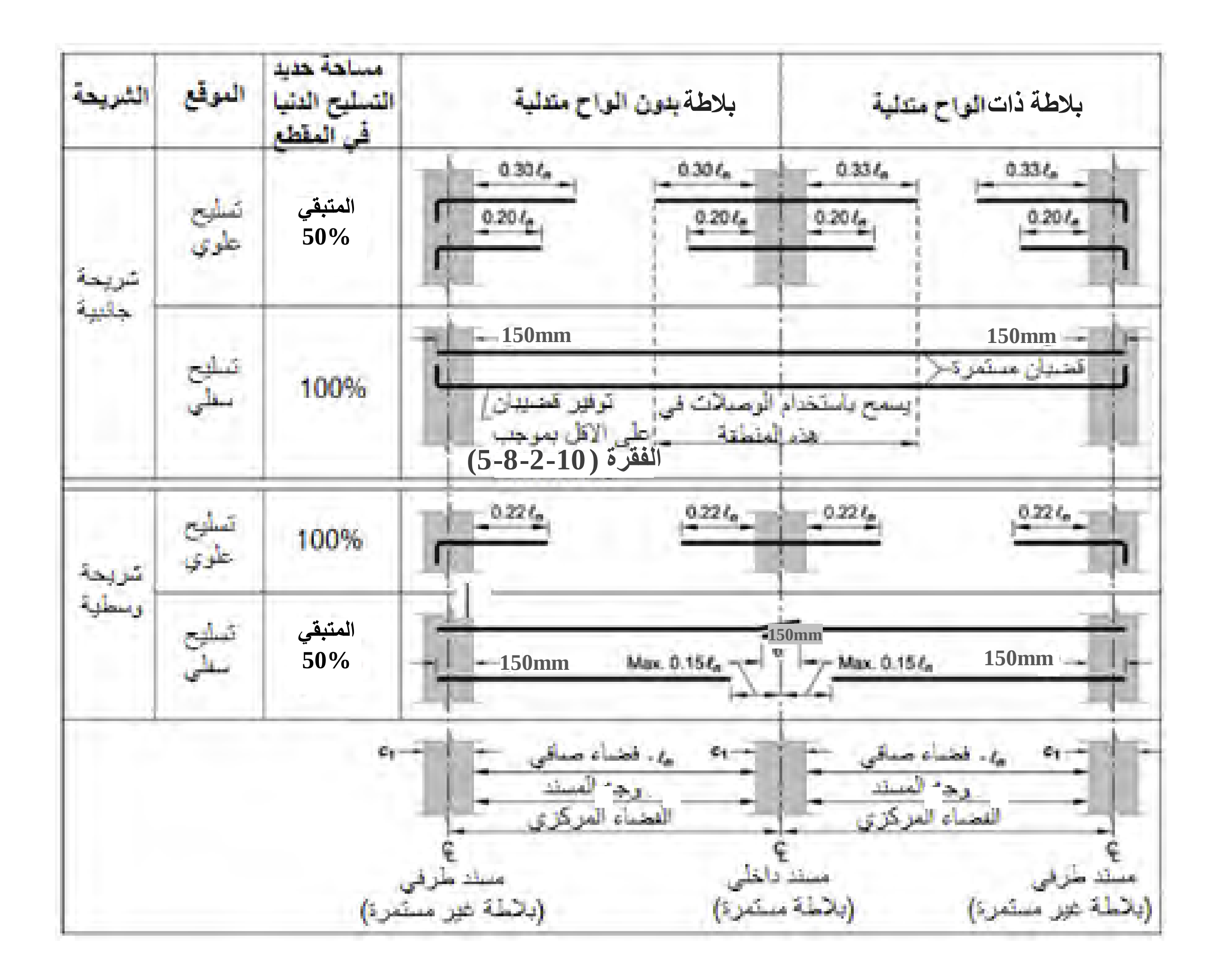
شكل (10–2) تفاصيل حديد تسليح أركان البلاطات

10–2–7 في البلاطات المسطحة (flat slabs) يجب أن تكون أبعاد اللوح المتدلي عند استخدامه لتقليل كمية حديد التسليح للعزم السالب فوق العمود وفقا للفقرة (10–1–9).

لغرض حساب كمية حديد التسليح المطلوبة يجب أن لا يؤخذ سمك اللوح المتدلي أسفل البلاطة اكبر من ربع المسافة من حافة اللوح المتدلي إلى وجه العمود (column face) أو تاج العمود (column capital).

10–2–8 تفاصيل حديد التسليح في البلاطات غير الحاوية على عتبات (details of reinforcement (in slabs without beams

10–2–8–1 إضافة إلى متطلبات الفقرة (10–2) يجب أن يمتد حديد تسليح البلاطات غير المستندة على المسافات الدنيا المبينة في أدناه.



شكل (10–3) مسافات الامتداد الدنيا لحديد تسليح البلاطات غير الحاوية على عتبات

10–2–8–2 ينبغي توفير امتدادات حديد تسليح العزم السالب بعد وجه المسند المبينة في الشكل أعلاه اعتماداً على متطلبات الفضاء الأطول في حالة كون البلاطات المتجاورة غير متساوية الفضاءات.

10–2–8–3 يسمح باستخدام حديد التسليح المحني (bent bars) فقط عندما تسمح نسبة العمق إلى طول الفضاء (depth-span ratio) باستخدام ثنيات (bends) لحديد التسليح بزاوية (45 درجة) أو اقل.

10-2-8-4 في الهياكل الإنشائية الحاوية على بلاطات مسلحة باتجاهين مستخدمة كعنصر أساس لمقاومة الأحمال الجانبية (lateral loads) يجب تحديد أطول القضبان التسليح بواسطة التحليل وينبغي أن لا تكون اقل من تلك المبينة في الشكل أعلاه.

10-2-8-5 يجب أن تكون كل قضبان أو أسلاك التسليح للطبقة السفلى ضمن الشريحة الجانبية (column strip) لكل اتجاه مستمرة أو موصولة بموجب الصنف ب (class B) من وصلات الشد (tension splice) أو تكون موصولة بوصلات ميكانيكية أو ملحومة (mechanical or welded splices) حسب الفقرة (9-12-3).
كما يجب أن تكون مواقع الوصلات كما مبينة في الشكل (10-2-8-1) أعلاه كما ينبغي توفير قضيبان في كل اتجاه ضمن الطبقة السفلى من تسليح الشرائح الجانبية (column strip) تمر في المنطقة المحددة بالتسليح الطولي للأعمدة وتثبت عند المساند الطرفية.

10-2-8-6 في البلاطات المرفوعة (shift slab) عندما لا يمكن من الناحية العملية إمرار قضيبان من تسليح الطبقة السفلى كما هو مطلوب وفقا للفقرة (10-2-8-5) فانه يجب أن يمر خلال حلقة الرفع (lifting collar) عند الأعمدة من تسليح الطبقة السفلى (bottom bars) قضيبان أو سلكان مرتبطان (bounded) على الأقل في كل اتجاه . كما ينبغي لهذان القضيبان أن يكونان قريبين قدر الإمكان من الأعمدة ويكونان مستمرين أو موصولين بموجب الصنف أ (class A) للوصلات.
أما فيما يخص الأعمدة الطرفية، فانه يجب أن يثبت حديد التسليح عند حلقة الرفع (lifting collar).

10-3 الفتحات في أنظمة البلاطات : (Openings in Slabs Systems)

10-3-1 يسمح باستخدام الفتحات ذات المقاسات المختلفة في أنظمة البلاطات وفقاً لمتطلبات الفقرتين (6-2) و (6-3) إذا اثبت التحليل ان المقاومة التصميمية مساوية على الأقل إلى المقاومة المطلوبة مع مراعاة تحقيق متطلبات الاستخدام (serviceability conditions) بما في ذلك تحديدات الانحراف (deflections limits).

10-3-2 وكبديل أخر للتحليل المطلوب في الفقرة (10-3-1) يسمح باستخدام الفتحات في أنظمة البلاطات غير الحاوية على عتبات وفقاً للفقرات (10-3-2-1) إلى (10-3-2-3):

10-3-2-1 يسمح بوجود الفتحات بأية مقاسات ضمن المسا حة المشتركة المحددة بتقاطع الشرائح الوسطية مع مراعاة المحافظة على كمية حديد التسليح الكلية المطلوبة في لوحة بلاطة مماثلة غير حاوية على فتحة.

10-3-2-2 يسمح بوجود فتحات في المساحة المشتركة المحددة بتقاطع شريحة وسطية مع شريحة جانبية شريطة أن تكون مساحة التسليح المتوقفة عند الفتحة لا تتجاوز ربع كمية التسليح لكل شريحة.

10-3-2-3 يسمح بوجود فتحات في تقاطعات الشرائط الجانبية شريطة أن لا يتعارض أكثر من ثمن كمية حديد التسليح المطلوبة مع الفتحة على أن يتم إضافة كمية مكافئة من حديد التسليح على جوانب تلك الفتحة.

10-3-2-4 يجب استيفاء متطلبات القص المبينة في الفقرة (8-11) من هذه المدونة.

10-4 مناهج التصميم: (Design Procedures)

10-4-1 يجب أن تصمم أنظمة البلاطات بأية طريقة تحقق شروط التوازن (equilibrium) والتوافق الهندسي (geometric compatibility) إذا بينت الطريقة ان المقاومة التصميمية عند أي مقطع تكون على الأقل مساوية للمقاومة المطلوبة بموجب الفقرات (6-2) و (6-3) وان شروط الاستخدام (serviceability) بضمنها حدود الانحرافات قد تحققت.

10-4-1-1 باستخدام طريقة معاملات العزوم الواردة في الفقرة (10-5) او استخدام طريقة التصميم المباشر (direct design method) الواردة في الفقرة (10-6) لتصميم أنظمة البلاطات المعرضة إلى أحمال جانبية والمشتملة على بلاطات مستندة على جدران او عتبات تمتد بين مساند الأعمدة أو الجدران الحاملة.

10-4-1-2 يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار عند تحليل الهياكل الإنشائية المعرضة للأحمال الجانبية تأثير التشققات ووجود حديد التسليح على جساءة العناصر الإنشائية المكونة للهياكل.

10-4-1-3 يسمح بتجميع نتائج تحليل الأحمال الشاقولية مع نتائج تحليل الأحمال الجانبية.

10-4-2 يجب أن تكون أبعاد البلاطات والعتبات الممتدة بين المساند (إن وجدت) متناسبة مع قيم العزوم المضخمة السائدة في أي مقطع.

10–4–3 إذا تسببت أحمال الجاذبية أو الأحمال الجانبية المتسببة عن الرياح و الهزات الأرضية أو أي حمل جانبي آخر في انتقال العزوم بين البلاطات و الأعمدة فان جزء العزم غير المتوازن (unbalanced moment) يجب أن ينتقل بواسطة الانحناء (by flexure) وفقاً للفقرات من (10–4–3–2) إلى (10–4–3–3).

10–4–3–1 يجب أن ينتقل جزء العزم غير المتوازن وغير المنقول بالانحناء بواسطة لامركزية القص (eccentricity of shear) وفقاً لمتطلبات الفقرة (8–12).

10–4–3–2 يعتبر جزء العزم غير المتوازن والمحدد بالقيمة ($\gamma_f\, M_u$) منتقلاً بواسطة الانحناء ضمن عرض فعال من البلاطة يقع بين خطوط تبعد خارج الوجوه المقابلة للعمود أو تاج العمود أو اللوح المتدلي بمقدار سمك البلاطة ومرة ونصف سمك البلاطة اللوح المتدلي *(1.5h)*.

حيث أن (M_u) يمثل العزم المعامل المطلوب انتقاله والمعامل *(γ_f)* يحسب من العلاقة.

$$\gamma_f = \frac{1}{1+\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{b1/b2}} \qquad \text{(1-10) ...}$$

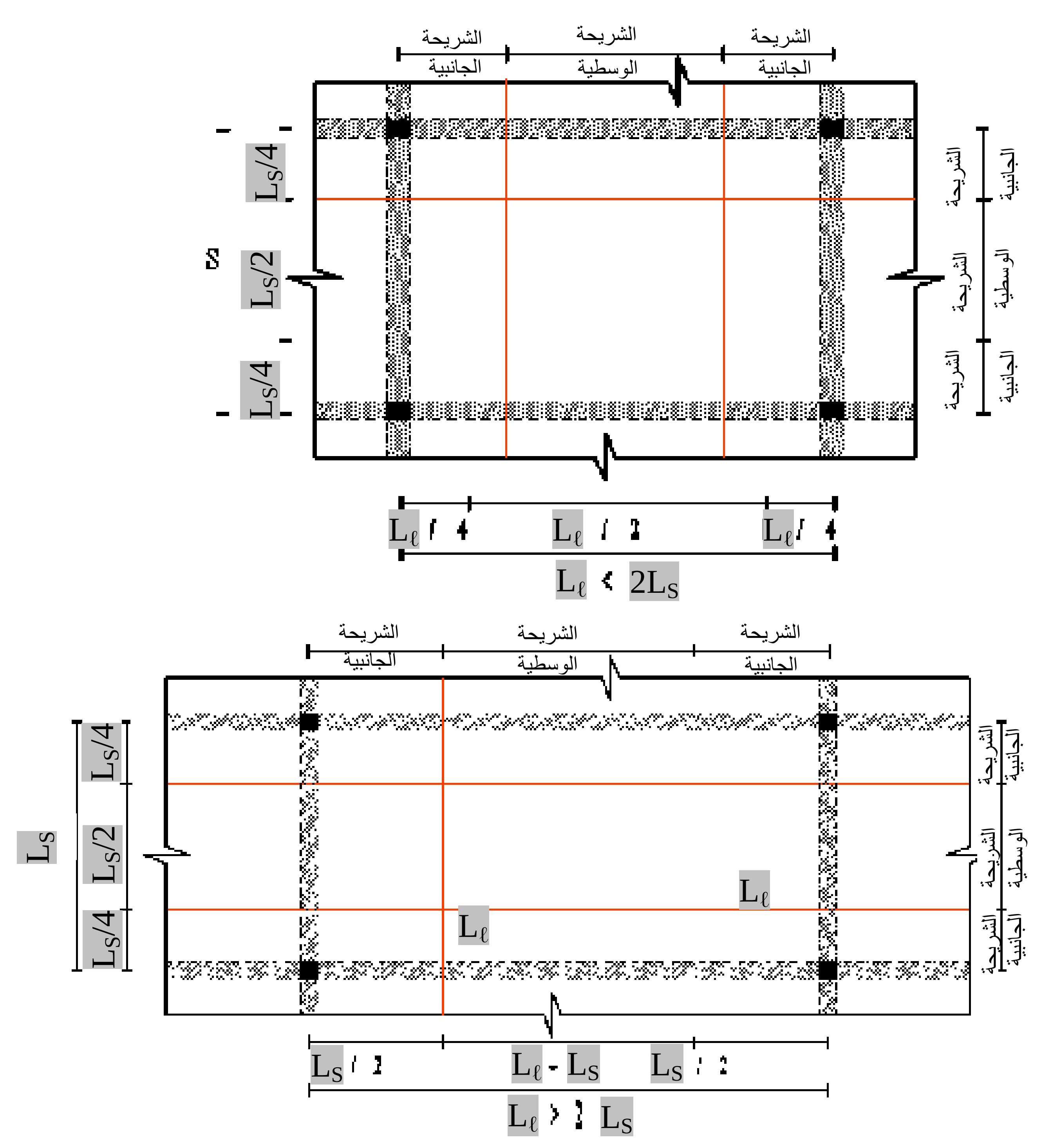
10–4–3–3 ينبغي تركيز حديد التسليح فوق الأعمدة بمسافات متقاربة أو توفير حديد تسليح إضافي لمقاومة العزوم عند منطقة عرض البلاطة الفعال المعرفة في الفقرة (10–4–3–2).

10–4–4 ينبغي إجراء التصاميم الخاصة بانتقال الأحمال من البلاطة إلى الأعمدة والجدران الساندة بواسطة القص واللي وفقاً لمتطلبات الفصل الثامن من هذه المدونة.

10–5 تصميم البلاطات المسلحة باتجاهين بطريقة معاملات العزوم :
(Design of Two Way Slabs by Method of Moment Coefficients)

تعتمد هذه الطريقة على جدول لمعاملات العزوم لحالات متعددة من البلاطة مستندة في حافاتها الأربعة. تم استخراج هذه المعاملات بالاعتماد على التحليل المرن مع الأخذ بنظر الاعتبار إعادة التوزيع غير المرن لعزوم البلاطة (inelastic moment redistribution).

10–5–1 ينبغي اعتبار ان كل لوحة بلاطة (slab panel) مسلحة باتجاهين متعامدين تتكون من شرائح وسطية (middle strips) وشرائح جانبية قرب المساند (column strips) ممتدة في كلا الاتجاهين كما يلي:



شكل (10–4) توزيع الشرائح الوسطية والجانبية الخاصة بالبلاطات المصممة بطريقة معاملات العزوم

10–5–2 التحديدات (Limitations)

تستخدم هذه الطريقة للبلاطات الصلدة (solid slabs) أو المضلعة (ribbed slabs) ويمكن أن تكون البلاطة مستمرة (continuous) أو معزولة (isolated) وفي جميع الأحوال يجب أن تكون البلاطة مستندة عند حافاتها الأربعة على عتبات أو جدران منفذة سوية مع البلاطة بحيث تترابط المساند والبلاطة مع بعضها البعض (monolithic casting).

3-5-10 عزوم الانحناء في الشرائح الوسطية (Bending Moments in Middle Strips) ينبغي حساب عزوم الانحناء (M_u) في الشرائح الوسطية باستخدام العلاقة:

$$Mu = coeff\,.q_u \ell_s^2 \qquad \text{(2-10) ...}$$

حيث أن (q_u) يمثل الأحمال الكلية المضخمة المسلطة على البلاطة.

و(ℓ_s) يمثل الفضاء القصير للبلاطة ويكون مساوياً إلى المسافة المركزية (center to center distance) بين المساند بالاتجاه القصير (L_s) أو المسافة الصافية بين المساند في الاتجاه القصير مضافاً لها ضعف سمك البلاطة أيهما أكبر.

يمثل (*coeff*) معاملات العزوم السالبة والموجبة عند المقاطع الحرجة لمختلف حالات استناد البلاط ة عند حافاتها كما مبين في أدناه:

جدول (1-10) معاملات العزوم

معاملات العزوم بموجب الفقرة (5-10)		الاتجاه القصير نسبة الفضاء القصير إلى الفضاء الطويل $m = \frac{L_s}{L_l}$						الاتجاه الطويل، لكل نسب الفضاءات
العزوم		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 أو اقل	
الحالة (1) لوح البلاطة الداخلي								
العزم السالب	عند الحافة المستمرة	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
	عند الحافة غير المستمرة	——	——	——	——	——	——	——
العزم الموجب في منتصف الفضاء		0.025	0.03	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
الحالة (2) بلاطة ذات حافة واحدة غير مستمرة								
العزم السالب	عند الحافة المستمرة	0.41	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
	عند الحافة غير المستمرة	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
العزم الموجب في منتصف الفضاء		0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.64	0.031
الحالة (3) بلاطة ذات حافتين غير مستمرتين								
العزم السالب	عند الحافة المستمرة	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
	عند الحافة غير المستمرة	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
العزم الموجب في منتصف الفضاء		0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037

الحالة (4) بلاطة ذات ثلاثة حافات غير مستمرة								
العزم السالب	عند حافة المستمرة	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
	عند حافة غير المستمرة	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
العزم الموجب في منتصف الفضاء		0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
الحالة (5) بلاطة ذات أربعة حافات غير مستمرة								
العزم السالب	عند الحافة المستمرة	——	——	——	——	——	——	——
	عند الحافة غير المستمرة	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
العزم الموجب في منتصف الفضاء		0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050

ملاحظة: يمكن استخدام معاملات العزوم للتصميم بطريقة الإجهادات المسموحة (working design method)

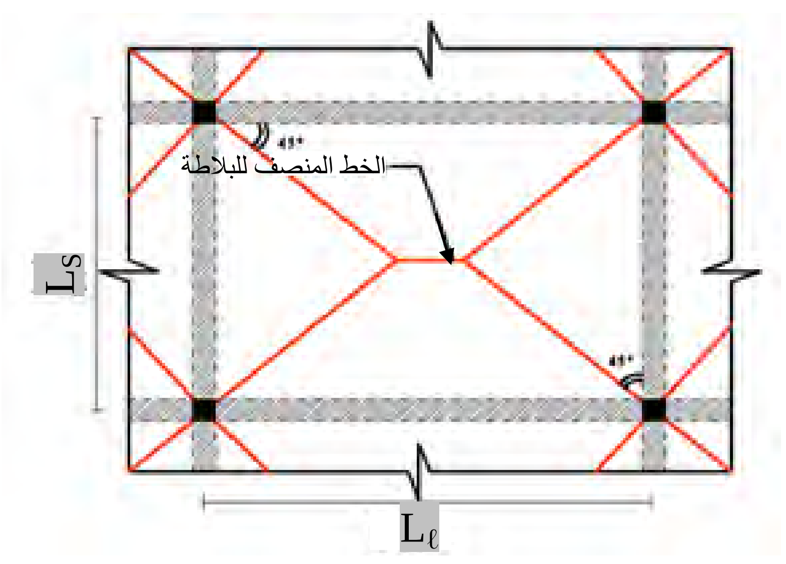
10-5-4 عزوم الانحناء في الشرائح الجانبية (Bending Moments in Column Strips)

ينبغي أن تكون معدلات العزوم الموجبة والسالبة في الشرائح الجانبية مساوية إلى ثلثي عزوم الانحناء المماثلة (corresponding) في الشرائح الوسطية.

10-5-5 في المساند الداخلية بين بلاطتين متجاورتين عندما يكون العزم السالب على جهة من المسند يقل عن ثمانية أعشار (0.8) العزم السالب على الجهة الثانية من المسند فانه يجب توزيع ثلثي الفرق بين العزمين بشكل يتناسب مع جساءة (stiffness) البلاطتين المتجاورتين.

10-5-6 الأحمال المسلطة على مساند البلاطة

يمكن افتراض إن أحمال البلاطة المستطيلة الشكل المسلطة على المساند تمثل الأحمال ضمن المساحات من أركان البلاطة المحددة بتقاطع الخطوط المرسومة من أركان البلاطة بزاوية مقدارها 45 درجة مع الخط المنصف للبلاطة الموازي لحافات البلاطة الطويلة وكما مبين في أدناه.



شكل (10−5) توزيع أحمال البلاطة المسلطة على المساند

يمكن تحديد عزوم الانحناء المسلطة على مساند البلاطة بصورة تقريبية باستخدام أحمال مكافئة موزعة بشكل منتظم (equivalent uniform loads) لكل متر من طول المسند وكما يلي:

- الحمل المنتشر على المسند القصير لكل متر من طول المسند .... $\frac{q_u L_s}{3}$.
- الحمل المنتشر على المسند الطويل لكل متر من طول المسند............ $\frac{q_u L_s}{3}\left(\frac{3-m^2}{2}\right)$.

حيث أن m تمثل نسبة الفضاء المركزي الطويل للبلاطة إلى الفضاء المركزي القصير للبلاطة ($m=\frac{L_s}{L_l}$).

10−6 طريقة التصميم المباشر: (Direct Design Method)

10−6−1 حدود التطبيق (Limitations)

يمكن تصميم أنظمة البلاطات التي تحقق التحديدات المبينة في الفقرات من (10-6-1-1) إلى (10-6-1-8) باستخدام الطريقة المباشرة للتصميم:

10−6−1−1 يجب توفر ما لا يقل عن ثلاثة فضاءات مستمرة في كل اتجاه.

10−6−1−2 يجب أن لا تزيد نسبة الفضاء الطويل إلى الفضاء القصير (مقاسة بين مراكز المساند) لكل لوحة بلاطة مستطيلة عن (2.0).

10−6−1−3 يجب أن لا تختلف أطوال الفضاءات المتعاقبة (مقاسة بين مراكز المساند) في كل اتجاه بأكثر من ثلث الفضاء الأطول.

10−6−1−4 يجب أن لا تزيد مسافة تزحيف مراكز الأعمدة (column offset) عن الخطوط المركزية للفضاءات في كل اتجاه (مقاسة بين مراكز المساند) عن 10% من طول الفضاء المركزي مقاساً باتجاه التزحيف.

10−6−1−5 يجب أن تكون كافة الأحمال متسببة عن الجاذبية فقط وموزعة بشكل منتظم على كامل لوحة البلاطة (slab panel). كما يجب أن لا تزيد مقادير الأحمال الحية عن ضعف مقادير الأحمال الميتة.

10−6−1−6 في لوحة البلاطة (slab panel) الحاوية على عتبات ممتدة إلى المساند على جميع الحافات الأربعة يجب أن تستوفي نسب جساءة (stiffness ratios) العتبات في اتجاهين متعامدين متطلبات العلاقة:

(3-10) ... $$0.2 \le \frac{\alpha_{f1} l_2^2}{\alpha_{f2} l_1^2} \le 5.0$$

حيث تحسب قيمة كل من (αf_1) و (αf_2) من العلاقة:

(4-10) ... $$\alpha_f = \frac{E_{cb} l_b}{E_{cs} l_s}$$

10−6−1−7 لا يجوز تطبيق إعادة توزيع العزوم المسموحة في الفقرة (5−4) على أنظمة البلاطات المصممة وفقاً للطريقة المباشرة للتصميم.

10−6−1−8 يسمح بقبول الاختلافات عن الحدود الواردة في الفقرة (10−6−1)، إذ أظهرت التحليلات ان متطلبات الفقرة (10−4−1) قد تحققت.

10−6−2 العزم الساكن المضخم الكلي في الفضاء (Total Factored Static Moment for a Span)

10−6−2−1 يجب أن يحسب العزم الساكن المضخم الكلي (M_o) لفضاء شريحة محاطة عرضياً بالخطوط المركزية للوحات البلاطة (slab panel) على طرفي الخطوط المركزية للمساند.

10−6−2−2 يجب أن لا تقل القيمة المطلقة لمجموع العزم الموجب المضخم مضافاً له معدل العزوم السالبة المضخمة في كل اتجاه عن:

(5-10) ... $$M_o = \frac{q_u l_2 l_n^2}{8}$$

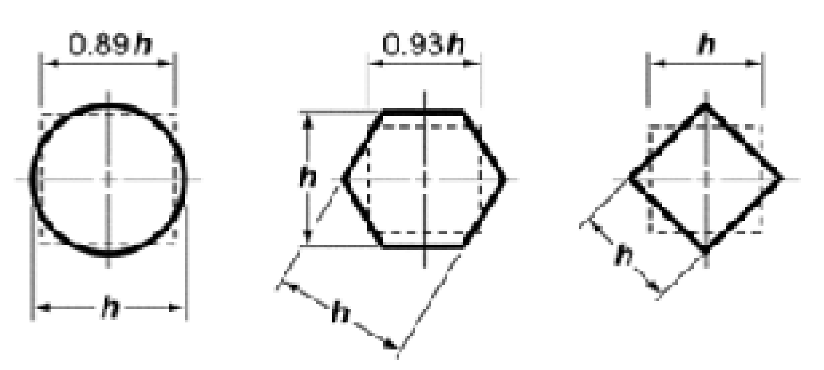
حيث أن

ℓ_n : طول الفضاء الصافي في الاتجاه الذي تحسب العزوم عنده.

10–6–2–3 إذا اختلفت الفضاءات العرضية للشريحة على أي من جوانب محاور المساند فيجب أن تؤخذ قيمة (ℓ_2) في العلاقة (10–5) مساوية إلى معدل الفضاءات العرضية المتجاورة.

10–6–2–4 عندما يكون الفضاء المأخوذ بنظر الاعتبار موازياً ومجاوراً لحافة طرفية عندها يجب أن تستخدم المسافة بين طرف الحافة وبين محور الشريحة لقياس العرض (ℓ_2) في العلاقة (10–5).

10–6–2–5 يجب أن يمتد الفضاء الصافي (ℓ_n) بين وجوه ا لأعمدة أو تيجان الأعمدة (capitals) أو الكتائف (brackets) أو الجدران الساندة مع مراعاة أن لا تقل قيمة (ℓ_n) المستخدمة في العلاقة (10–5) عن ($0.65\ell_1$) كما يجب أن تعامل المساند ذات الأشكال الدائرية أو الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع على انها مساند مربعة مكافئة لها بالمساحة وكما موضح في أدناه:



شكل (10–6) المقاطع المربعة المكافئة لمقاطع مساند ذات الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع والدائرية

10–6–3 العزوم المضخمة السالبة والموجبة (Negative and Positive Factored Moments)

10–6–3–1 يجب أن تقع المقاطع الحرجة للعزوم السالبة المضخمة في وجه المساند المربعة أو المستطيلة وتعامل المساند ذات الأشكال الدائرية أو الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع كمساند مربعة الشكل لها نفس المساحة.

10–6–3–2 يجب أن يجزأ العزم الساكن المعامل الكلي، (M_o) في الفضاءات الداخلية كما يلي:

- العزم السالب المضخم $0.65M_o$.
- العزم الموجب المضخم $0.35M_o$.

10–6–3–3 يجب أن يجزأ العزم المضخم الساكن الكلي، (M_o) في الفضاءات الطرفية (end spans) كما مبين في الجدول أدناه:

جدول (10-2) معاملات العزوم في الفضاءات الطرفية

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	الحافة الطرفية غير مقيدة	البلاطة مع عتبات ممتدة بين جميع المساند	بلاطات لا تحتوي على عتبات بين المساند الداخلية		الحافة الطرفية مقيدة كلياً
			بدون عتبة طرفية	بوجود عتبة طرفية	
العزم المضخم السالب الداخلي	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65
العزم المضخم الموجب	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
العزم المضخم السالب الطرفي	0	0.16	0.26	0.30	0.65

10–6–3–4 يجب أن تصمم مقاطع العزوم السالبة عند المساند الداخلية لمقاومة العزم الأكبر من العزوم السالبة المتولدة في الفضائين المتجاورين الملتقيين في المسند الداخلي المشترك.

10–6–3–5 يجب أن تكون أبعاد العتبات الطرفية أو أطراف حافة البلاطة (في حالة عدم استخدام عتبات طرفية) مناسبة لمقاومة أحمال اللي الناتجة عن العزوم السالبة المضخمة في الحافات الطرفية.

10–6–3–6 ينبغي أن يكون العزم المضخم للأحمال الجانبية المنتقلة بين البلاطة والعمود الطرفي (edge column) وفقا لمتطلبات الفقرة (10–4–3–1) مساوية إلى ($0.3M_o$).

10–6–4 العزوم المعاملة في الشرائح الجانبية (Factored Moment in Column Strips)

10–6–4–1 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية لمقاومة العزوم السالبة المعاملة عند الحافات الداخلية بموجب النسب المئوية التالية اعتمادا على النسبة ℓ_2/ℓ_1

جدول رقم (10-3) النسب المئوية المصمم بموجبها العزوم السالبة عند الحافات الداخلية

ℓ_2/ℓ_1	0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1) = 0$	75	75	75
$(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1) \geq 0$	90	75	45

كما ينبغي إجراء التناسب الخطي بين القيم المذكورة في أعلاه إذا اقتضت الضرورة.

10−6−4−2 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية لمقاومة العزوم السالبة الم عاملة عند الحافات الطرفية بموجب النسب المئوية التالية اعتمادا على النسبة ℓ_2/ℓ_1

جدول رقم (10-4) النسب المئوية المصمم بموجبها العزوم السالبة عند الحافات الطرفية

ℓ_2/ℓ_1		0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1) = 0$	β_t=0	100	100	100
	β_t≥2.5	75	75	75
$(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1) \geq 0$	β_t=0	100	100	100
	β_t≥2.5	90	75	45

كما ينبغي إجراء التناسب الخطي بين القيم المذكورة في أعلاه إذا اقتضت الضرورة.

حيث أن قيمة (β_t) تحسب باستخدام العلاقة (10−6) وقيمة C باستخدام العلاقة (10−7)

$$\beta_t = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} \qquad (6\text{-}10)...$$

$$C = \sum\left(1 - 0.63\frac{x}{y}\right)\frac{x^3 y}{3} \qquad (7\text{-}10)...$$

للمقاطع المجنحة على شكل L أو T ينبغي حساب الثابت C بتقسيم المقاطع إلى اجزاء مستطيلة (كما معرف في الفقرة (10−1−8)) ومن ثم تجميع قيم C لكل جزء.

10−6−4−3 عندما تكون المساند مؤلفة من أعمدة أو جدران تمتد لمسافة تساوي أو تزيد عن (0.75 ℓ_2) المستخدمة لحساب العزم (M_o) ،في هذه الحالة ينبغي اعتبار قيم العزوم السالبة موزعة بشكل منتظم (uniformly distributed) عبر المسافة (ℓ_2).

10−6−4−4 يجب أن تتناسب الشرائح الجانبية عند الأعمدة أو الجدران لمقاومة النسب المئوية التالية من العزوم المضخمة الموجبة

جدول رقم (10-5) النسب المئوية للعزوم المضخمة الموجبة

ℓ_2/ℓ_1	0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1) = 0$	60	60	60
$(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1) \geq 0$	90	75	45

كما ينبغي إجراء التناسب الخطي بين القيم المذكورة في أعلاه إذا اقتضت الضرورة.

10−6−4−5 في أنظمة البلاطات الحاوية على عتبات تمتد بين المساند ينبغي أن تتناسب بلاطة الشرائح الجانبية لمقاومة ذلك الجزء من عزوم الشريحة الجانبية الذي لا تقاومه العتبات.

10-6-5 العزوم المضخمة في العتبات (Factored Moments in Beams)

10-6-5-1 يجب أن تتناسب العتبات الممتدة بين المساند لمقاومة 85% من عزم الشريحة الجانبية اذا كانت النسبة $(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1)$ لا تقل عن (1.0).

10-6-5-2 إذا كانت النسبة $(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1)$ محصورة بين الصفر والواحد، فيجب أن تقاوم العتبات المممتدة بين المساند نسبة من عزوم الشريحة الجانبية تحدد باستخدام التناسب الخطي بين (% 0.0) و (85%).

10-6-5-3 بالإضافة إلى العزوم المحسوبة للأحمال المنتشرة وفقاً للفقرات من (10-6-2-2) و (10-6-5-1) و (10-6-5-2) يجب أن تتناسب العتبات لمقاومة كافة العزوم الناتجة عن الأحمال المركزة المباشرة أو الأحمال المنتشرة بشكل مباشر على العتبات بما في ذلك وزن الجزء من العتبة البارز فوق أو تحت مستوى البلاطة.

10-6-6 العزوم المضخمة في الشرائح الوسطية (Factored Moment in Middle Strips)

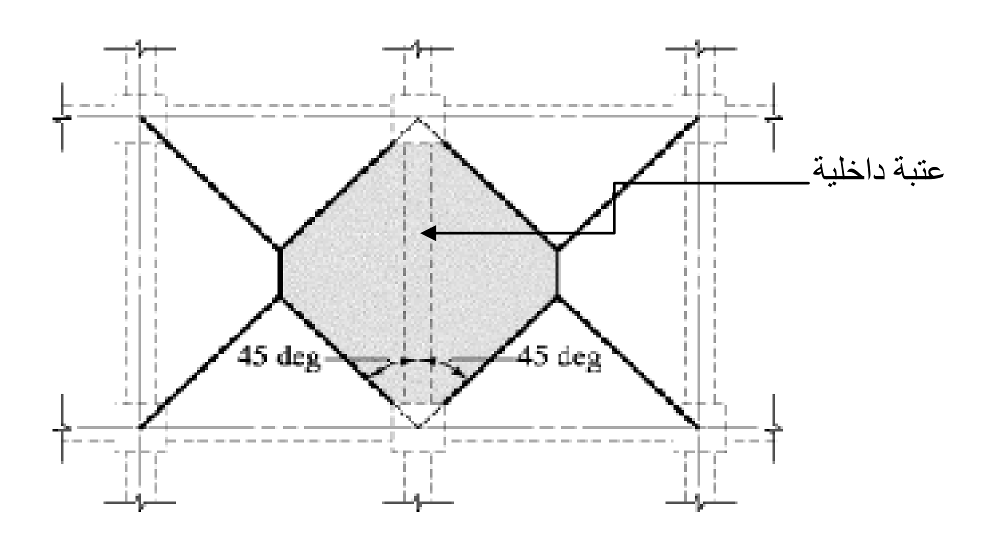
10-6-6-1 يعتبر ذلك الجزء من العزوم المضخمة الموجبة أو السالبة غير المخصص للشرائح الجانبية خاصا بنصفي الشريحة الوسطية المناظرة لتلك الشرائح الجانبية.

10-6-6-2 يجب أن تتناسب كل شريحة وسطية لمقاومة مجموع العزوم المخصصة للنصفين المكونين للشريحة.

10-6-6-3 يجب أن تتناسب الشريحة الوسطية الموازية والمجاورة لحافة مستندة على جدار لمقاومة ضعف العزم المخصص لنصف الشريحة الوسطية التابعة للخط الأول من المساند الداخلية.

10-6-7 قوى القص المضخمة في أنظمة البلاطات الحاوية على عتبات (factored shear forces in slab system with beams).

10-6-7-1 يجب أن تتناسب العتبات ذات نسبة $(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1)$ لا تقل عن (1.0) لمقاومة قوى القص المتسببة عن الأحمال المضخمة المسلطة على أجزاء المساحات المحاطة بخطوط تميل بزاوية (45 درجة) مرسومة من أركان البلاطة وتحيط بهذه الأجزاء عند الوسط الخطوط المركزية (لألواح البلاطات المتجاورة) الموازية للحافات الطويلة وكما مبين في أدناه.



شكل (10−7) المساحة المخصصة لقوى القص المسلطة على عتبة داخلية

10−6−7−2 يسمح بحساب قوى القص المسلطة على العتبات ذات نسبة $(\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1)$ أقل من (1.0) باستخدام التناسب الخطي بافتراض ان العتبة لا تتعرض لأية أحمال عندما تكون قيمة $(\alpha_{f1}=0)$ (يكون التناسب الخطي لقيمة q_u).

10−6−7−3 بالإضافة إلى قوى القص المحسوبة وفقاً للفقرتين (10−6−7−1) و (10−6−7−2) فان العتبات يجب أن تتناسب لمقاومة قوى القص المتسببة عن الأحمال المضخمة المسلطة بشكل مباشر على العتبات.

10−6−7−4 يسمح بحساب مقاومة البلاطات للقص بافتراض ان الأحمال تنتقل إلى العتبات الساندة وفقاً لإحدى الفقرتين (10−6−7−1) أو (10−6−7−2) كما ينبغي استيفاء مقاومة القص الكلي المسلط على لوحة البلاطة.

10−6−7−5 ينبغي أن تستوفي مقاومة القص متطلبات الفصل الثامن من هذه المدونة.

10−6−8 العزوم المضخمة في الأعمدة والجدران (Factored Moments in Columns and Walls)

10−6−8−1 يجب أن تصمم الأعمدة والجدران المنفذة سوية (monolithic casting) مع أنظمة البلاطات (حيث تترابط الأعمدة والجدران مع عناصر نظام البلاطة) لمقاومة العزوم المتولدة من الأحمال المضخمة المسلطة على البلاطة.

10-6-8-1 عند المساند الداخلية يجب أن تصمم العناصر الساندة (الأعمدة و الجدران) أعلى وأسفل مستوى البلاطة لمقاومة العزم المضخم المحسوب من العلاقة (10-8) أو بشكل يتناسب خطيا مع جساءة (stiffness) العناصر الساندة.

(8-10) ... $$M_u = 0.07\left[(q_{DU} + 0.5q_{LU})l_2 l_n^2 - q_{D'U} l'_2 (l'_n)^2\right]$$

حيث أن (ℓ'_n) و (ℓ'_2) و $(q_{D'U})$ تخص الفضاء الأقصر.

الفصل الحادي عشر
الجدران
Walls

1-11 مقدمة: (Introduction)

1-1-11تطبق المتطلبات الواردة في هذا الفصل على تصاميم الجدران المعرضة لأ حمال محورية او تلك التي تكون معرضة إلى أحمال محورية مع عزوم انحناء.

2-1-11 تصمم الجدران الساندة الناتئة (cantilever retaining walls) بالاعتماد على متطلبات تصاميم الانحناء الواردة في الفصل السابع من هذه المدونة على أن يتم استخدام الحد الأدنى لكمية حديد التسليح الأفقي بموجب متطلبات الفقرة (11-3-3).

2-11 عام : (General)

1-2-11يجب أن تصمم الجدران لمقاومة الأحمال اللامركزية (eccentric loads) والأحمال العرضية أو أي أحمال أخرى قد تتعرض لها هذه الجدران.

2-2-11يجب أن تصمم الجدران المعرضة لأحمال محورية وفقا للفقرات (11- 2) و(11- 3) وأي من الفقرات (11- 4) و(11- 5) أو(11- 8).

3-2-11 تصمم الجدران لمقاومة قوى القص وفقا للفقرة (8- 8).

4-2-11 يجب ان لا يتجاوز الطول الأفقي الفعال للجدران المعرضة لأحمال مركزة عن المسافة بين مراكز الأحمال المتجاورة او عرض منطقة التحميل مضافاً إليها أربع أمثال سمك الجدار ما لم يتم التحقق من ذلك عن طريق التحليل الإنشائي.

5-2-11 يجب ان تلبي عناصر الانضغاط المشيدة سويةً مع الجدران (monolithic casting) متطلبات الفقرة (7- 8- 2).

6-2-11 يجب أن تثبت الجدران بالعناصر الإنشائية المتقاطعة معها كالبلاطات (slab) والسقوف(roofs) والدعامات (buttresses) و الأسس (footing).

7-2-11 ينبغي بتعديل كمية حديد التسليح ومحددات سمك الجدران الواردة في الفقرة (11- 3) و (11- 5) عندما يشير التحليل الإنشائي بان هذا التعديل يفي بمتطلبات المقاومة والاستقرارية.

8-2-11 ينبغي أن يتم انتقال القوى إلى الأسس عند قاعدة الجدار وفقا لمتطلبات الفقرة (12-8)

3-11 الحدود الدنيا لحديد التسليح : (Minimum Reinforcement)

1-3-11يجب أن يفي الحد الأدنى لحديد التسليح العمودي والأفقي بمتطلبات الفقرتين (11-3-2) و (11-3-3) او متطلبات كمية حديد التسليح لأغراض القص الواردة في الفقرتين (8-9-8)و(8-9-9) أيهما اكبر.

11-3-2 يجب ان تكون النسبة الدنيا لمساحة حديد التسليح العمودي إلى المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني (ρ_ℓ) كالتالي :

أ - (0.0012) للقضبان المحززة التي لا تتجاوز قطرها عن (16مم) وذات إجهاد خضوع لا يقل عن (420 نت/مم^2) او.

ب - (0.0015) للقضبان المحززة الأخرى أو.

ج - (0.0012) لأسلاك التسليح الملحومة التي لايزيد مقاسها عن(MW200) او (MD200).

11-3-3 يجب ان تكون النسبة الدنيا لمساحة حديد التسليح الافقي إلى المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني (ρ_t) كالتالي :

أ - (0.002) للقضبان المحززة التي لايزيد قطرها عن (16مم) وذات إجهاد خضوع لا يقل عن (420 نت/مم^2) او.

ب - (0.0025) للقضبان المحززة الأخرى

ج - (0.0020) لأسلاك الحديد الملحومة التي لايزيد مقاسها عن (MW200) او(MD200)

11-3-4 الجدران التي يزيد سمكها عن (250مم) باستثناء جدران الأقبية (basement walls) ينبغي ان يكون حديد التسليح فيها موزعا في كلا الاتجاهين وبطبقتين موازيتين لأوجه الجدار ووفقا لما يلي:

أ - طبقة واحدة لا تقل عن (1/2) ولا يزيد عن(2/3) كمية حديد التسليح الكلية المطلوبة لكل اتجاه ويتم تثبيتها بمسافة لا تقل عن (50مم) ولا تزيد عن (1/3) سمك الجدار من وجه الجدار الخارجي.

ب - اما الطبقة الاخرى فتشتمل على كمية حديد التسليح المتبقية من حديد التسليح الكلي ويجب ان يثبت بمسافة لاتقل عن (20مم) ولاتزيد عن (l/3) سمك الجدار مقاسة من وجه الجدار الداخلي.

11-3-5 يجب ان لاتزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح الافقية والعمودية ضعفي سمك الجدار او (350مم) ايهما اقل.

11-3-6 لاتوجد ضرورة لتطويق قضبان حديد التسليح العمودية برباطات مستعرضة عندما تكون مساحة حديد التسليح العمودي لا تتجاوز (1%) من المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني او عندما لا توجد ضرورة لاستخدام حديد التسليح العمودي كتسليح انضغاط (reinforcement compression) .

11-3-7 إضافة الى المتطلبات الدنيا لحديد التسليح المطلوبة بموجب الفقرة (11-3-1) يجب استخدام ما لا يقل عن قضيبين حديد تسليح قطر (16مم) في الجدران التي تسلح بطبقتين من الحديد بالاتجاهين و استخدام قضيب حديد تسليح واحد قطر (16مم) في الجدران التي تسلح بطبقة واحدة من الحديد بالاتجاهين حول فتحات الشبابيك وفتحات الأبواب والفتحات الأخرى. كما وينبغي تثبيت هذه القضبان في أركان الفتحات لضمان تحقيق مقاومة الخضوع تحت تأثير قوى الشد.

11-4 الجدران المصممة كعناصر انضغاط : (Walls Designed as Compression Members)

استثناءا من متطلبات الفقرة (11-5)، يجب تصميم الجدران المعرضة للأحمال المحورية او الاحمال المحورية واحمال الانحناء معاً كعناصر انضغاط بموجب الفقرات(7-2)و (7-3) و (7-10) و (7-11) و (7-14) و (11-2) و (11-3)

5-11 طرق التصميم التجريبية : (Empirical Design Methods)

1-5-11 يسمح بتصميم الجدران ذات المقاطع المستطيلة الصلدة (solid) باستخدام طرق التصميم التجريبية الواردة في متطلبات هذه الفقرة إذا كانت محصلة الأحمال المعاملة تقع ضمن الثلث الوسطي من سمك الجدار الكلي و عندما تستوفي هذه الجدران المحددات الواردة في الفقرات (11-2) و(11-3) و(11-5).

2-5-11 تحسب المقاومة التصميمية المحورية ($\O P_n$) للجدران المستوفية للمحددات الواردة في (11-5-1) وفقا للعلاقة (11-1) مالم تصمم بموجب الفقرة (11-4).

$$\phi Pn = 0.55\phi fc'\,Ag\left[1-\left(\frac{k\,\ell_c}{32h}\right)^2\right] \quad \text{(1-11)...}$$

حيث ان Ø تمثل المعامل للمقاطع التي تكون تحت تأثير الانضغاط المسيطر (compression control) بموجب الفقرة (6-3-2-2-ب) ومعامل الطول الفعال وكالاتي:

للجدران المقيدة في الأعلى والأسفل ضد الإزاحة الجانبية (braced walls):

أ - مقيدة الدوران (restrained against rotation) عند احدى او كلا النهايتين العليا والسفلى او كلاهما ....(0.8)

ب - غير مقيدة الدوران في كلا النهايتين ....(1.0)

للجدران غير مقيدة ضد الازاحة الجانبية (unbraced walls)..........(2.0)

3-5-11 السمك الأدنى للجدران المصممة بالطريقة التجريبية: (Minimum Thickness of Walls Designed by Empirical Design Method)

1-3-5-11 يجب ان لا يقل سمك الجدران الحاملة عن (1/20) من الارتفاع او الطول المسند ايهما اصغر ولايقل عن (150مم).

2-3-5-11 يجب أن لايقل سمك الجدران الخارجية للأقبية وجدران الأسس عن (200مم)

6-11 للجدران غير الحاملة : (Non-bearing Walls)

1-6-11يجب أن لا يقل سمك الجدران غير الحاملة عن (120مم) ولا يقل عن (1/25) من المسافة الدنيا بين العناصر العاملة كمساند جانبية.

7-11 الجدران كعتبات أرضية : (Walls as Grade Beams)

1-7-11يتم تصميم الجدران كعتبات أرضية تحتوي على تسليح علوي وسفلي لتلبية متطلبات العزوم بموجب المحددات الواردة في الفقرات (7-2) الى (7-7) من هذه المدونة . اما بالنسبة لمتطلبات تصميم الجدران كعتبات ارضية لمقاومة قوى القص فيتم اعتماد المحددات الواردة في الفصل الثامن من هذه المدونة.

2-7-11ينبغي أن تحقق الأجزاء الظاهرة فوق مستوى سطح الأرض من العتبات الأرضية المتطلبات الواردة في الفقرة (11-3).

8-11 تصميم الجدران النحيفة بالطريقة البديلة: (Alternative Design of Slender Walls)

1-8-11 عندما يكون شد الانحناء هو المسيطر في تصميم الجدران تحت تأثير القوى المسلطة الواقعة خارج مستوى الجدار (out of plane) فيجب ان تعتبر المتطلبات الواردة في الفقرة (8-11) مستوفية لمتطلبات الفقرة (10-7).

2-8-11 عندما تصمم الجدران وفق للفقرة (8-11) فيجب أن تستوفي متطلبات الفقرات من (1-2-8-11)إلى (6-2-8-11).

1-2-8-11 ينبغي تصميم لوح الجدار (wall panel) كعنصر إنشائي بسيط الإسناد (simply supported) معرضا لأحمال محورية (axially loaded) و أحمال جانبية منتظمة التوزيع واقعة خارج مستوي الجدار (out of plane lateral load)، بحيث تتولد أقصى العزوم والانحرافات في منتصف الفضاء.

2-2-8-11 يجب أن يكون مقطع اللوح منتظما (constant) على طول ارتفاع الجدار. ولا يعتبر مقطع الجدار منتظما عند وجود فتحات الشبابيك أو الفتحات الكبيرة الأخرى حيث يجب الأخذ بنظر الاعتبار تأثير فتحات الشبابيك في الجدران عند التصميم.

3-2-8-11 يتم تصميم الجدران بموجب متطلبات الشد المسيطر (tension controlled).

4-2-8-11 يجب أن تحقق كمية حديد التسليح المقاومة التصميمية وفقا للعلاقة 11-2 أدناه:

$$\phi Mn \geq Mcr \qquad (2\text{-}11)...$$

حيث يتم احتساب M_{cr} باستخدام معامل الكسر (modulus of rupture) وفقا للعلاقة(10-6).

5-2-8-11 عند تعرض الجدار إلى أحمال شاقولية مركزة (concentrated gravity loads)، فيتم اعتبار عرض شريحة الجدار المحملة بشكل منتظم كالتالي:

أ - مساويا لضعف عرض التحميل أو

ب - مساويا لمسافة التباعد بين الأحمال الشاقولية المركزة أيهما اقل على أن

ج - لا يتجاوز عرض التحميل حافات لوح الجدار.

6-2-8-11 يجب أن لا يتجاوز الإجهاد الشاقولي (P_u/ A_g) المتولد في المقطع عند منتصف ارتفاع الجدار عن ($0.06\ fc'$)

3-8-11 يجب أن يكون مقدار العزوم التصميمية ϕM_u تحت تأثير أحمال الانحناء و الأحمال المحورية معا عند منتصف ارتفاع الجدار كما يلي:

$$\phi Mn \geq Mu \qquad (3\text{-}11)...$$

حيث أن

$$Mu = Mua + Pu\Delta u \qquad (4\text{-}11)...$$

حيث ان M_{ua} يمثل أقصى عزم معامل في منتصف ارتفاع الجدار الناتج عن الأحمال الجانبية والأحمال الشاقولية اللامركزية باستثناء تأثيرات ($P\Delta$).
حيث أن:

$$\Delta u = \frac{5Mul_c^2}{(0.75)48E_cI_{cr}} \qquad (5\text{-}11)...$$

و يتم احتساب قيمة M_u من العلاقة (6-11)

$$Mu = \frac{Mua}{1 - \frac{5P_ul_c^2}{(0.75)48E_cI_{cr}}} \qquad (6\text{-}11)...$$

و يتم حساب قيمة I_{cr} من العلاقة (7-11)

$$Icr = \frac{Es}{Ec}\left(As + \frac{Pu}{fy}\frac{h}{2d}\right)(d-c)^2 + \frac{lwc^3}{3} \qquad (7\text{-}11)...$$

شريطة أن لا تقل قيمة (E_s/E_c) عن (6.0).

4-8-11 يجب أن لا يتجاوز أقصى انحراف خارج مستوى الجدار (out of plane deflection) متمثلا بـ (Δ_S) تحت تأثير الأحمال الخدمية متضمنا تأثيرات ($P\Delta$) ، عن($l_c/150$).
يتم حساب قيمة (Δs) من العلاقة (8-11) في حالة تجاوز العزم الأقصى المتولد في منتصف ارتفاع الجدار الناتج عن الأحمال الخدمية الجانبية و الأحمال الشاقولية للامركزية (M_a) متضمنا تأثيرات $P\Delta$ عن $(2/3)M_{cr}$

$$\Delta s = (2/3)\Delta cr + \frac{(Ma-(2/3)Mcr)}{(Mn-(2/3)Mcr)}(\Delta n - (2/3)\Delta cr) \qquad (8\text{-}11)...$$

اما اذا كانت قيمة Ma لا تتجاوز (2/3)Mcr ، فيتم احتساب (ΔS) من العلاقة (9-11)

$$\Delta s = \left(\frac{Ma}{Mcr}\right)\Delta cr \qquad (9\text{-}11)...$$

حيث ان :

$$\Delta cr = \frac{5M_{cr}l_c^2}{48E_cI_{cr}} \qquad (10\text{-}11)...$$

$$\Delta n = \frac{5M_nl_c^2}{48E_cI_{cr}} \qquad (11\text{-}11)...$$

ويتم احتساب قيمة(I_{cr}) من العلاقة (7-11).

الفصل الثاني عشر
الأسس
Footings

1-12 المقدمة : (Introduction)

1-1-12 تطبق المتطلبات الواردة في هذا الفصل على تصاميم الأسس المفردة (isolated) والمشتركة (combined) والاسس الحصيرية (rafts).

2-1-12 تتضمن الفقرة (11-10) المتطلبات الأضافية لتصميم الأسس المشتركة والاسس الحصيرية.

2-12 الأحمال وردود الأفعال : (Loads and Reactions)

1-2-12 يتم تصميم الأسس لمقاومة الأحمال ال معاملة وردود الأفعال الناتجة بما ي تلائم والمتطلبات التصميمية الواردة في هذه المدونة والمتطلبات الواردة في هذا الفصل.

2-2-12 يتم تحديد مساحة قاعدة الاساس اوعدد وترتيب الركائز بالاعتماد على القو ى غير المعاملة وقوة الانحناء والعزوم المنتقلة من الأسس الى التربة او الركائز . ويتم حساب الاجهادات المسموحة في التربة او تحمل الركائز المسموح استناداً الى اساسيات ميكانيك التربة.

3-2-12 للأسس المسندة على ركائز، تكون حسابات العزوم وقوى القص معتمدة على افتراض ان رد فعل أي ركيزة يكون في مركزها.

3-12 الأسس الساندة لاعمدة وقواعد ذات مقاطع دائرية او مضلعات منتظمة :
(Footings Supporting Circular or Regular Polygon-shaped Columns or Pedestal)

يسمح بمعاملة الا عمدة او القواعد الخرسانية ذات المقاطع الدائرية او المقاطع المضلعة المنتظمة كعناصر مربعة ذات مقطع مكافئ بالمساحة لغرض تحديد مواقع المقاطع الحرجة للعزوم والقص واطوال التثبيت في الاسس.

4-12 العزوم في الأسس : (Moments in Footings)

1-4-12 يتم حساب عزوم الا نحناء المسلطة على أي مقطع من الأسس بالاعتماد على تمرير مستوى عمودي خلال الأساس وحساب العزم الناتج عن القوى المسلطة على المساحة الكلية للأس اس وعلى جانب واحد من هذا المستوي.

2-4-12 يتم حساب العزم المعامل الاقصى (M_u) للأسس المفردة بموجب الفقرة (12-4-1) عند مواقع المقاطع الحرجة المبينة في ادناه:

أ- عند وجه الأعمدة او قواعد الاعمدة او الجدران المستندة على الاسس.

ب- عند منتصف المسافةبين مركزوحافه الجدار بالنسبة للاسس التي تسند جدران البناء.

ج- عند منتصف المسافة بين وجه العمود وحافة اللوحة الفولاذية (steel base plate) بالنسبة للأسس الساندة للأعمدة ذات القاعدة الفولاذية.

12-4-3 يتم توزيع حديد التسليح بشكل منتظم على العرض الاجمالي للأساس بالنسبة للاسس العاملة بأتجاه واحد والاسس المربعة العاملة بأتجاهين.

12-4-4 يتم توزيع حديد التسليح للاسس المستطيلة العاملة بأتجاهين وفقاً للفقرات (12-4-4-1) و(12-4-4-2) .

12-4-4-1 يتم توزيع حديد التسليح الطولي بشكل منتظم على العرض الاجمالي للأساس.

12-4-4-2 يجب توزيع جزء من حديد التسليح الكلي بالاتجاه القصيربمقدار($\gamma_s A_s$) بصورة منتظمة على شريحة (band width) مركزها مركز العمود او القاعدة ويكون عرضها مساوي لطول الضلع القصير للاساس ويتم توزيع المتبقي من حديد التسليح ($(1-\gamma_s)A_s$) بشكل منتظم خارج عرض هذه الشريحة.

حيث ان:

$$\gamma_s = \frac{2}{\beta + 1} \qquad \text{...(1-12)}$$

وان (β) تمثل نسبة طول الاساس الى عرضه .

12-5 القص في الأسس : (Shear in Footings)

12-5-1ينبغي ان تستوفي مقاومة القص للأسس التي تستند على تربة او صخور متطلبات الفقرة (8-8).

12-5-2 يتم تحديد موقع المقطع الحرج لاحتساب قوى القص بموجب متطلبات الفصل الثامن ويتم قياسه من وجه العمود او الدعامة او الجدار للاسس التي تسند هذه العناصر. اما بالنسبة للاسس الساندة للاعمدة او الدعامات ذات قاعدة فولاذية فيتم تحديد المقطع الحرج وفقاً للفقرة (12-4-2)ج.

12-5-3 عندما تكون المسافة بين محور الركيزة ومحور العمود اكبر من ضعف المسافة بين سطح قبعة الركيزة العلوي وقمة الركيزة فيجب ان تستوفي قبعة الركيزة متطلبات الفقرة (8-8) والفقرة (12-5-4). اما بالنسبة لقبعات الركائز الاخرى فيجب ان تستوفي متطلبات الملحق (أ) او متطلبات الفقرتين (8-8) و (12-4). عند استخدام الملحق (أ) فيجب احتساب مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة دعائم الانضغاط f_{ce} بموجب الفقرة (أ-3-2-2-ب).

12-5-4 يتم حساب قوى القص لأي مقطع في الاساس المستند على ركائز بموجب الفقرات(12-5-4-1) الى (12-5-4-3).

12-5-4-1 يولد رد الفعل الكلي لاي ركيزة قوى قص مساوية له بالمقدار على أي مقطع يبعد بمسافة ($d_{pile}/2$) او اكثر من مركز الركيزة.

12-5-4-2 لا يولد رد فعل الركيزة قوى قص على المقطع الذي يبعد بمسافة اقل من ($d_{pile}/2$) من مركز الركيزة.

3-4-5-12 عندما يكون موقع مركز الركيزة يقع بين المحددات الواردة في الفقرتين (12-5-4-1) و (12-5-4-2) فيتم احتساب مقدار قوى القص بصورة خطية بين قيم الفقرتين اعلاه .

6-12 اطوال تثبيت حديد التسليح في الأسس : (Development of Reinforcement in Footings)

1-6-12 تكون اطوال التثبيت لحديد التسليح في الأسس بموجب المتطلبات الواردة في الفصل التاسع.

2-6-12 ينبغي نقل قوى الشد والانضغاط المحسوبة في حديد التسليح لاي مقطع في الاساس وعلى جانبي المقطع باطوال تثبيت او عكفات شد (hooks) او اجهزة تثبيت ميكانيكية او باستخدام اكثر من وسيلة لتثبيت حديد التسليح.

3-6-12 ينبغي اعتبار مواقع المقاطع الحرجة لتثبيت حديد التسليح كما هو مبين في الفقرة (12-4-2) لاقصى عزم معامل M_u وفي كافة المستويات الشاقولية الاخرى التي يحدث فيها تغير في المقطع او في حديد التسليح.

7-12 العمق الفعال الأدنى للأساس : (Minimum Effective Footing Depth)

يجب ان لايقل العمق الفعال للاساس مقاساً من طبقة حديد التسليح السفلى عن (200 مم) للاسس التي تستند على التربة ولايقل عن (350 مم) للاسس التي تستند على ركائز .

8-12 انتقال القوة عند قواعد الاعمدة والجدران والدعامات المسلحة : (Transfer of Force at Base of Columns ,Walls , or Reinforced Pedestals)

1-8-12 ينبغي ان تنتقل القوى والعزوم عند قاعدة العمود اوالجدار اوالدعامات الى الاسس الساندة بواسطة التحميل المباشرعلى الخرسانة (bearing on concrete) وحديد التسليح والاوتاد (dowels) والتوصيلات الميكانيكية (mechanical connectors).

1-8-8-12 يجب ان لايتجاوز اجهاد التحميل المسلط على الخرسانة عند سطح التماس بين العناصر الساندة والمسنودة عن مقاومه تحميل الخرسانة لكلا سطحي التماس وفقاً لمتطلبات الفقرة (7-14).

2-1-8-12 يجب ان يكون حديد التسليح اوالاوتاد اوالتوصيلات الميكانيكية بين العناصر المسنودة والساندة كافية لنقل :

أ - قوة الانضغاط الاجمالية التي تزيد عن قوة تحمل الخرسانة للعنصر الساند او المسنود.

ب - أي قوة شد محسوبة عبر السطوح البينية (across interface).

كما ويجب ان يستوفي حديد التسليح اوالاوتاد اوالوصلات الميكانيكية المتطلبات الواردة في الفقرة (12-8-2) او (12-8-3).

3-1-8-12 اذا تطلب الامر نقل العزوم المحسوبة الى الدعامات اوالاساس الساند فينبغي ان يستوفي حديد التسليح او الأوتاد او التوصيلات الميكانيكية المتطلبات الواردة في الفقرة (12-17).

4-1-8-12 ينبغي ان يكون نقل القوة الجانبية الى الدعامة او الاساس الساند وفقاً لمتطلبات القص الاحتكاكي (shear – friction provisions) الواردة في الفقرة (8-5) او بأي اساليب اخرى مناسبة .

12-8-2 لاعمال صب الخرسانة موقعياً ينبغي ان يكون حديد التسليح مستوفياً لمتطلبات الفقرة (12-8-1) وذلك عن طريق مد حديد التسليح الطولي خلال الدعامة الساندة او الاساس او بأستخدام الاوتاد.

12-8-2-1 ينبغي ان لاتقل مساحة حديد التسليح عند السطح البيني عن ($0.005A_g$) للأعمدة والدعامات المصبوبه موقعياً،حيث ان (A_g) تمثل المساحة الاجمالية للمقطع المستند على الاساس.

12-8-2-2 ينبغي ان لاتقل مساحة حديد تسليح الجدران عند السطح البيني الواقع بين الجدار والاساس عن الحد الأدنى لحديد التسليح الشاقولي الوارد في الفقرة (11-3-2) .

12-8-2-3 يسمح بأستخدام وصلات التراكب (lap splices) لحديد تسليح الانضغاط الطولي في الاسس قطر(43 مم) وقطر(57 مم) مع استخدام اوتاد لتوفير حديد التسليح المطلوب الوارد في الفقرة (12-8-1). يجب ان لايزيد قطر الاوتاد عن (36 مم) وان تمتد الى داخل العناصر المسنودة بمسافه لاتقل عن (ℓ_{dc}) للقضبان بأقطار (43 مم) او (57 مم) ووصلات الترابط للأوتاد تحت تأثير الانضغاط ايهما اكبركما يجب ان تمتد الاوتاد داخل الاساس بمسافة لاتقل عن (ℓ_{dc}) المطلوبة للوتد.

12-9 الاسس المائلة او المدرجة : (Slopped or Stepped Footings)

12-9-1 يجب ان تكون زاوية الميل في الاسس المائلة او عمق وموقع التدريجات في الاسس المدرجة ملائمه لتلبية متطلبات التصميم عند أي مقطع من مقاطع الاساس [لاحظ ايضاً الفقرة ()].

12-10 الأسس المشتركة والأسس الحصيرية : (Combined Footings and Mats)

12-10-1 تصمم الأسس الساندة لاكثر من عمود او دعامة او جدار لمقاومه الاحمال المعاملة وردود الافعال المتولدة وفقاً لمتطلبات التصميم المناسبة الواردة في هذه المدونة.

12-10-2 لايسمح بأستخدام طريقه التصميم المباشرة الواردة في الفصل العاشرمن هذه المدونة لتصميم الاسس المشتركة والأسس الحصيرية .

12-10-3 يجب ان يتلائم توزيع ضغط التربة تحت الاسس المشتركة والاسس الحصيرية مع خواص التربه وخواص المنشأ وان يعتمد التوزيع على المبادئ الاساسية لميكانيك التربة.

12-10-4 يجب ان يستوفي حديد تسليح الاسس الحصيرية في أي اتجاه من الاتجاهات الرئيسية الحدود الدنيا الواردة في الفقرة (7-12-2) ويجب ان لا تزيد مسافات التباعد بين قضبان التسليح عن (350 مم).

الفصل الثالث عشر
العناصر الخرسانية المركبة تحت تأثير الانحناء
Composite Concrete Flexural Members

13-1 المقدمة : (Introduction)

13-1-1 تطبق متطلبات هذا الفصل لتصميم العناصر الخرسانية المركبة تحت تأثير الأنحناء والتي تكون اما عناصر خرسانية مسبقة الصب أو عناصر خرسانية مصبوبة موقعياً او كليهما وتنفذ هذه العناصر بصورة مستقلة وتكون مترابطة فيما بينها بشكل يضمن عملها كوحدة واحدة تحت تأثير الاحمال.

13-1-2 تطبق جميع متطلبات هذه المدونة على العناصر الخرسانية المركبة باستثناء التعديلات الوارده في هذا الفصل.

13-2 عام : (General)

13-2-1 يسمح بأستخدام العنصر المركب بالكامل او جزء منه لمقاومة قوى القص والعزوم المسلطة عليه.

13-2-2 يجب التحقق من اداء كافة أجزاء العنصر المركب تحت تأثير جميع حالات التحميل الحرجة.

13-2-3 عند وجود اختلاف في خواص العنصر المركب (كالمقاومة المحددة، وزن وحدة الحجوم أو اي خواص اخرى) فيتم اعتماد خواص ذلك الجزء من العنصر او اي خواص اخرى حرجة عند اعداد التصاميم.

13-2-4 عند حساب المقاومة للعناصر المركبة، لا يتم التمييز بين العناصر المسنودة و العناصر غير المسنودة.

13-2-5 ينبغي تصميم كافة أجراء العناصر المركبة لأسناد جميع الاحمال المسلطة قبل اكتساب المقاومة التصميمية للعنصر المركب.

13-2-6 ينبغي أستخدام حديد التسليح المطلوب لتقليل التشققات ولمنع حدوث انفصال بين ألأجراء المكونه للعنصر المركب.

13-2-7 يجب ان تحقق العناصر المركبة متطلبات السيطرة على الأنحرافات الوارده في الفقرة (9-5-5).

13-3 التدعيم : (Shoring)

ينبغي عدم رفع التدعيم ما لم تكتسب العناصر المدعمة خواصها التصميمية اللازمة لتحمل كافة الاحمال المسلطة و للسيطرة على الانحراف والتشققات وقت رفع التدعيم.

4-13 مقاومة القص الشاقولي : (Vertical Shear Strength)

1-4-13 يتم تصميم العناصر المركبة لمقاومة القص الشاقولي طبقاً للمتطلبات الواردة في الفصل 11 كما هو الحال للعناصر المصبوبة سوياً ولنفس شكل المقطع العرضي.

2-4-13 يجب ان يثبت حديد تسليح القص كليا داخل اجزاء العنصر المركب المترابطة و فقا لمتطلبات الفقرة (13-12).

3-4-13 يسمح بتضمين حديد تسليح القص المثبت (anchored shear) و الممتد كرباطات لمقاومة القص الافقي.

5-13 مقاومة القص الافقي : (Horizontal Shear Strength)

1-5-13 في العنصر المركب، يجب التحقق من الانتقال الكلي لقوى القص الاف قية بين سطوح التماس لاجزاء العناصر المترابطة (interconnected elements).

2-5-13 يجب ان تؤخذ المسافة d كمسافة من ليف الانضغاط الاقصى للمقطع المركب ككل الى مركز تسليح الشد الطولي.

3-5-13 يجب ان تصمم مقاطع الخرسانية المركبة المعرضة الى قوى القص الافقي بأستخد ام العلاقة التالية ما لم يتم احتسابها بموجب الفقرة (13-5-4).

$$V_u \le V_{nh} \qquad (1\text{-}13)...$$

حيث ان:

V_{nh} : مقاومة القص الاسمية بموجب متطلبات الفقرات من (13-5-3-1) الى (13-5-3-4).

1-3-5-13 يجب ان لا تزيد قيمة المقاومة الاسمية للقص الافقي (V_{nh}) عن ($0.55\ b_v d$) عندما تكون سطوح التماس للخرسانة نظيفة وخالية من غثاء الخرسانة ومخشنة بشكل مقصود.

2-3-5-13 يجب ان لا تزيد قيمة المقاومة الاسمية للقص الافقي (V_{nh}) عن ($0.55\ b_v d$) عند استخدام المساحة الدنيا للرباطات وفقا " لمتطلبات الفقرة (13-6) وعندما تكون سطوح التماس للخرسانة نظيفة وخالية من غثاء الخرسانة و غير مخشنة بشكل مقصود(intentionally roughened).

3-3-5-13 يجب ان تكون مقاومة القص الافقي مساوية لـ ($(1.8 + 0.6\ \rho_v\ f_y)\lambda b_v d$) على ان لا تزيد عن ($3.5\ b_v d$) وذلك عند استخدام رباطات وفقا للفقرة (13-6) وتكون سطوح التماس نظيفة وخالية من غثاء الخرسانة ومخشنة بشكل مقصود لعمق (6 مم) تقريبا. يتم اخذ المعامل (λ) وفقا للفقرة (11-6-4-3) و ($\rho_v = (A_v / b_v s)$)

4-3-5-13 في حالة تج اوز قيمة القص ال معامل عند المقطع المراد تصميمه (($\O(3.5\ b_v d)$)) فان فيتم تصميم حديد تسليح القص الافقي بموجب متطلبات الفقرة (11-6-4).

4-5-13 كبديل للفقرة (13-5-3)، يمكن احتساب قيمة القص الافقية اعتمادا على التغير الفعلي في قوة الانضغاط اوالشد في اي جزء من اجزاء العنصر المركب , على ان تتخذ التدابير اللازمة لنقل هذه القوى الى العناصر الساندة كقوى قص افقي (horizontal shear).
يجب ان لا تزيد قوة القص الافقية المعاملة Vu عن مقاومة القص الافقية ($ØV_{nh}$) كما وردت في الفقرات (13-5-3-1) الى (13-5-3-4) على ان يتم استخدام مساحة سطح التماس بدلا من ($b_v d$) .

1-4-5-13 يجب ان تعكس النسبة بين مساحة الرباط الى مسافة التباعد بين الرباطات على طول العنصر بصورة تقريبية توزيع قوى القص في العناصر المصممة لمقاومة قوى القص الافقية بموجب الفقرة (13-5-4)

5-5-13 في حالة وجود شد عند سطح التماس بين اجزاء العناصر المترابطة مع بعضها فيسمح بنقل قوى القص بالتماس عند توفر الحد الادنى للرباطات الواردة في الفقرة (13-6).

6-13 رباطات القص الافقي : (Ties for Horizontal Shear)

1-6-13 عند استعمال الرباطات لنقل القص الافقي، يجب ان لا تقل مساحة الرباط عن تلك المطلوبة في الفقرة (11-4-6-3) وان لا تزيد مسافة التباعد عن اربع مرات البعد الادنى للعنصر المسنود على ان لا تتجاوز (600 مم).

2-6-13 تشتمل رباطات القص الافقي على قضبان او اسلاك مفردة والاطواق متعددة الاذرع او الاذرع الشاقولية لتسليح الاسلاك الملحومة.

3-6-13 يجب ان تثبت الرباطات كليا عبر اجزاء العناصر المترابطة وفقا للفقرة (13-12).

الفصل الرابع عشر
القشريات وعناصر الصفائح المطوية
Shells and Folded Plate Members

14-1 مقدمة عامة: (General)

تطبق اشتراطات هذا الفصل على العناصر القشرية الخرسانية الرقيقة والصفائح الخرسانية المطوية بضمنها الأضلاع (ribs) والعناصر الخرسانية في حافات العناصر القشرية أو الصفائح المطوية. كما ينبغي تطبيق جميع اشتراطات هذه المدونة في حالة عدم تعارضها مع اشتراطات هذا الفصل على المنشآت القشرية النحيفة.

14-1-1 العناصر القشرية الرقيقة: (Thin Shells Members)

تعرف بأنها منشآت ثلاثية الأبعاد متكونة من بلاطة مقوسة مفردة أو أكثر من صفائح مطوية ذات سمك قليل مقارنة مع أبعادها الأخرى، تتميز القشريات الرقيقة بتصرفها الثلاثي الأبعاد لنقل الأحمال الذي يتحدد بشكلها الهندسي وطريقة إسنادها وطبيعة الأحمال المسلطة.

14-1-2 الصفائح المطوية: (Folded Plates)

هي نوع من المنشآت القشرية تتكون من ارتباط بلاطات قليلة السمك على طول حافاتها لتشكل منشأ فضائي ثلاثي الأبعاد.

14-1-3 القشريات المضلعة: (Ribbed Shells)

وهي منشآت فضائية تتحدد بخطوط بين الأضلاع (ribs) الخرسانية ويمكن أن تملأ الفضاءات بين الأضلاع الخرسانية ببلاطات رقيقة أو تترك فارغة.

14-1-4 العناصر المساعدة: (Auxiliary Members)

وهي عبارة عن أضلاع أو عتبات طرفية تحقق زيادة في المقاومة و الجساءة (stiffness) أو تساهم في إسناد القشريات، وتعمل هذه العناصر بشكل مترابط مع العناصر القشرية.

14-1-5 التحليل المرن: (Elastic Analysis)

يمثل تحليل التشوهات (deformations) والقوى الداخلية اعتماداً على التوازن وتوافق الانفعالات والسلوك المرن ويمثل التحليل المرن تقريبا مناسبا للتصرف الثلاثي الأبعاد للعنصر القشري بالاشتراك مع عناصرهالمساعدة (auxiliary members).

14–1–6 التحليل غيرالمرن: (Inelastic Analysis)

يمثل طريقة تحليل التشوهات (deformations) والقوى الداخلية اعتمادا على التوازن والعلاقات اللاخطية بين الإجهاد والانفعال للخرسانة وحديد التسليح مع الأخذ بنظر الاعتبار التشقق (cracking) والتأثيرات المتعلقة بالزمن ويجب أن يمثل هذا التحليل تقريباً مناسباً للسلوك ثلاثي الأبعاد للعنصر القشري بالاشتراك مع العناصر المساعدة.

14–1–7 التحليل التجريبي: (Experimental Analysis)

يمثل طريقة التحليل المعتمدة على قياس التشوهات أو الانفعالات او كليهما للمنشأ أو لأنموذج (model) المنشأ. يعتمد التحليل التجريبي اما على ا لسلوك المرن او السلوك غير المرن للعناصر القشرية.

14–2 التحليل والتصميم: (Design and Analysis)

14–2–1 يمكن اعتبار السلوك المرن أساساً مقبولاً لتحديد قيم القوى الداخلية والازاحات للعناصر القشرية الرقيقة تستند حسابات هذا السلوك على التحليل الإنشائي الذي يعتبر أن المنشأ الخرساني غير متشقق ويحتوي على عناصر مرنة خطياً (linearly elastic) ومتجانسة (homogeneous) ولها خواص متماثلة في جميع الاتجاهات (isotropic) مع افتراض إن نسبة بواسون (Possion's Ratio) تساوي صفرا.

14–2–2 ينبغي استخدام التحليلات غير المرنة (inelastic analyses) إذا تبين أنها تؤمن اساسا امنا للتصميم.

14–2–3 يجب تدقيق توازن القوى الداخلية والأحمال الخارجية للتأكد من إنسجام النتائج.

14–2–4 يمكن اعتماد طرق تجريبية أو عددية (numerical) للتحليل إذا تبين إن تلك الطرق توفر اساسا امنا للتصميم.

14–2–5 يمكن اعتماد طرق تقريبية للتحليل إذا تبين إن تلك الطرق توفر اساسا امنا للتصميم.

14–2–6 يجب أن يتناسب سمك العناصر القشرية وتسليحها مع المقاومة المطلوبة والاستخدام (serviceability) باعتماد اما طريقة المقاومة للتصميم وفقاً للفقرة (5–1–1) أو طريقة التصميم الواردة في الفقرة (5–1–2).

14–2–7 ينبغي التحري عن إستقرارية المنشأ القشري ويجب أن تثبت الحسابات التصميمية عدم حدوث فشل بسبب إللاستقرارية (instability).

14–2–8 يجب أن تصمم العناصر المساعدة (auxiliary members) وفقاً لضوابط هذه المدونة ويمكن افتراض إن جزء العنصر القشري المساوي لعرض الشفة (flange) المحدد في الفقرة (5–12)، يعمل مع العنصر المساعد في مثل هذه الاجزاء من القشرة كما يجب أن يكون حديد التسليح المتعامد مع العنصر المساعد مساوياً على الأقل لحديد التسليح المطلوب لشفة عتبة مجنحة (T-beam) وفقاً للفقرة (5–12–5).

14–2–9 يجب أن يعتمد التصميم بطريقة المقاومة لبلاطات العناصر القشرية المعرضة لقوى الانحناء والقوى الغشائية (membrane forces) على توزيع الإجهادات والانفعالات المستخرجة من التحليلات المرنة أو التحليلات غير المرنة.

14–2–10 في حالة توقع حدوث تشققات غشا ئية (membrane cracking) في مناطق معينة يجب أن تكون مقاومة الانضغاط للخرسانة بالاتجاه الموازي للشقوق في هذه المناطق مساوية إلى **Error! Bookmark not defined.** $0.4 f_c^{'}$.

14–3 المقاومة التصميمة للمواد: (Design Strength of Materials)

14–3–1 يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم عن 21 نت/مم^2.

14–3–2 يجب أن لا يزيد إجهاد الخضوع لحديد التسليح f_y عن 420 نت/مم^2 .

14–4 تسليح القشريات: (Shell Reinforcement)

14–4–1 يجب توفير حديد تسليح العناصر القشرية لمقاومة إجهادات الشد الناتجة عن القوى الغشائية الداخلية، وكذلك لمقاومة الشد الناتج عن عزوم الانحناء وعزوم اللي وللحد من الانكماش وعرض الشقوق الناتجة عن تغير درجة الحرارة ومسافة التباعد بين الشقوق. كما يجب توفير حديد تسليح عند حافات العنصر القشري (shell boundaries) وعند مواقع مجالات الأحمال المعلقة والفتحات (shell openings).

14–4–2 يجب توفير حديد تسليح الشد باتجاهين أو أكثر بشكل مناسب بحيث أن مقاومة حديد التسليح في أي اتجاه تكون مساوية أو تزيد عن مركبات القوى الداخلية في ذلك الاتجاه.

وكبديل اخر يمكن حساب حديد التسليح لمقاومة القوى الغشائية الداخلية في البلاطة على انه يمثل حديد التسليح المطلوب لمقاومة قوى الشد المحورية بالاضافة إلى قوة الشد المتسببة عن احتكاك القص اللازمة لنقل قوى القص عبر أي مقطع من الغشاء، في هذه الحالة يجب أن لا يتجاوز معامل الاحتكاك (μ) القيمة الموصوفة في الفقرة (8–5–4–3).

14–4–3 يجب أن لا تقل مساحة تسليح العنصر القشري عند أي مقطع مقاسة باتجاهين متعامدين عن مساحة تسليح الانكماش للبلاطة أو التسليح الحراري المطلوب وفقاً للفقرة (4–5–11).

14–4–4 يتم حساب حديد التسليح المقاوم لقوى القص وعزوم الانحناء حول المحاور الواقعة في مستوى بلاطة العنصر القشري بموجب الفصول السابع والثامن والعاشر.

14–4–5 يجب أن تحدد مساحة حديد تسليح العنصر القشري المقاوم للشد بحيث أن حديد التسليح يبلغ إجهاد الخضوع (yield stress) قبل حدوث تهشم الخرسانة المعرضة للانضغاط أو قبل حدوث الانبعاج (buckling).

14–4–6 في المناطق المعرضة إلى قوى شد عالية يجب توفير حديد التسليح باتجاهات قوى الشد الغشائية (principal tensile member and forces) في المناطق المعرضة لقوى شد عالية إذا كان ذلك ممكناً من الناحة العملية اما كان ذلك غير ممكنا من الناحية العملية عندها يجب توفير حديد التسليح المقاوم للإجهادات الغشائية في اتجاهين أو أكثر.

14–4–7 يجب مراجعة كمية حديد التسليح بخصوص علاقتها بالسيطرة على التشققات عند الأحمال الخدمية إذا كان اتجاه حديد التسليح يتغير بزاوية أكبر من 10 درجات عن اتجاه قوة الشد الغشائية الرئيسية السطحية (principal tensile member force).

14–4–8 عندما يكون مقدار إجهاد الشد الغشائي الرئيس المتولد في العنصر القشري يتغير بصورة كبيرة ضمن مساحة سطح القشرة فان حديد التسليح المقاوم لقوى الشد الكلية يجب تركيزه في المناطق المتعرضة لأكبر إجهاد شد إذا كان هذا الاجراء يوفر أساساً آمناً للتصميم. مع ذلك يجب أن لا تقل نسبة حديد التسليح للقشرة في أي جزء من منطقة الشد عن 0.0035 مع مراعاة أن تحسب نسبة حديد التسليح على أساس السمك الكلي للقشرة.

14–4–9 يجب أن يتناسب حديد التسليح المطلوب لمقاومة عزوم الانحناء مع الأخذ بالاعتبار الفعل المتزامن للقوى الغشائية المحورية العاملة في ذات الموقع مع مراعاة انه عندما يكون مطلوباً استخدام

حديد تسليح لمقاومة عزوم الانحناء في وجه واحد من العنصر القشري ، فانه يجب توفير كميات متساوية من التسليح توضع قريباً من سطحي العنصر القشري حتى وإن لم يشر التحليل إلى وجود عزوم انحناء معاكسة (reversal moments).

14-4-10 يجب أن لا تزيد مسافة تباعد حديد تسليح العنصر القشري في أي إتجاه عن 350مم ولا تزيد عن ثلاثة أضعاف سمك العنصر القشري.

14-4-11 يجب تثبيت حديد التسليح في منطقة التقاء العنصر القشري مع العناصر الساندة أو العناصر الطرفية كما يمكن لحديد التسليح أن يمتد خلال هذه العناصر الامتدادات المطلوبة وفقا لاشتراطات الفصل التاسع باستثناء أن يكون طول التثبيت (development length) الأدنى مساويا إلى $1.2\ell_d$ وأن لا يقل عن 450مم.

14-4-12 يجب الالتزام بمتطلبات الفصل التاسع فيما يخص طول الوصلات (splice length) لتسليح القشرة، باستثناء ان أقل طول لوصلات قضبان الشد يكون مساوياً إلى 1.2مضروبا بالقيمة المطلوبة في الفصل التاسع على أن لا يقل هذا الطول عن 450مم. كما أن عدد الوصلات المستخدمة في تسليح الشد الرئيس ينبغي أن تكون بالعدد الأدنى لتسهيل التنفيذ وحيثما تكون الوصلات ضرورية عندئذ يجب وضعها بشكل متعاقب الترتيب (staggered) وعلى مسافة لا تقل عن ℓ_d وأن لا تزيد الوصلات المتراكبة عند أي مقطع عن ثلث حديد التسليح.

14-5 متطلبات التشييد: (Construction Requirements)

14-5-1 عندما يعتمد رفع القوالب على قيمة معامل المرونة E_c للخرسانة بسبب اعتبارات الاستقرارية أو الانحراف فيجب أن تحدد قيمة معامل المرونة E_c المستخدمة بإجراء فحوص الانحناء لنماذج عتبات خرسانية معالجة حقلياً (field curing).

كما يجب تعيين عدد النماذج المطلوب فحصها وأبعادها وتحديد طريقة الفحص من قبل جهات فنية مختصة.

14-5-2 ينبغي أن تحدد وثائق المقاولة التفاوتات المسموحة لشكل وهيئة العنصر القشري . أما إذا كانت التفاوتات في الشكل الحاصلة اثناء التنفيذ أكبر من تلك المحددة في وثائق المقاولة عندها يجب اجراء تحليلات مناسبة لمعرفة تأثير هذه التفاوتات وأن تتخذ التدابير اللازمة المعالجة بما يؤمن سلوكيا امنا للعنصر القشري.

الفصل الخامس عشر
الخرسانة العادية الإنشائية
Structural Plain Concrete

15−1 مقدمة عامة (General)

15−1−1 يتناول هذا الفصل المتطلبات الدنيا لتصميم وتشييد عناصر الخرسانة العادية الإنشائية المصبوبة موقعيا.

15−1−2 ينبغي تطبيق المتطلبات الواردة في فصول هذه المدونة على الخرسانة العادية الإنشائية ما لم يتعارض ذلك مع متطلبات هذا الفصل، إن الفصول والفقرات المعنية بهذا الأمر هي [(1−1) إلى (4−5−5)، (4−5−6−1)، (4−5−6−2)، (4−5−6−4)، (4−5−7)، (6−2)].

15−1−3 ينبغي تطبيق اشتراطات هذا الفصل كلما كان ذلك ممكناً على المنشآت غير التقليدية كالأقواس ومنشآت الخدمات المشيدة تحت الأرض والجدران الثقيلة الوزن والجدران الكاسرة لأشعة الشمس.

15−1−4 المحددات (Limitations)

يجب تحديد استخدام الخرسانة العادية الإنشائية للحالات التالية:

أ −العناصر المستندة بصورة مستمرة على التربة أو تلك المستندة على عناصر إنشائية أخرى لها القابلية على توفير مسند شاقولي.

ب −العناصر التي يؤدي فيها فعل التقوس (arch action) إلى تولد إجهادات انضغاط تحت تأثير مختلف ظروف التحمل.

ج −الجدران وقواعد الأعمدة كما هو مبين في الفقرتين (15−6) و (15−8) مع مراعاة عدم استخدام الخرسانة العادية الإنشائية في الأعمدة.

15−1−5 لا تشمل متطلبات هذا الفصل تصميم وتنفيذ الركائز المصبوبة موقعياً أو الدعائم المغروزة في التربة.

15−1−6 الحد الأدنى للمقاومة المميزة (Minimum specified strength)

يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط المحددة للخرسانة العادية الإنشائية عن القيمة الأكبر من القيم المذكورة في الفقرة (1−1−1) أو تلك التي تحقق متطلبات الديمومة في الفصل الثاني أيهما أكبر.

15–2 المفاصل: (Joints)

15–2–1 يجب توفير مفاصل التقلص (contraction) أو مفاصل العزل (isolation) لتقسيم عناصر الخرسانة العادية الإنشائية إلى عناصر انحناء غير مستمرة. كما يجب اختيار أبعاد كل عنصر بشكل يحد من قيمة الإجهادات المتولدة بسبب تقييد الحركات الناتجة عن الزحف والانكماش وتأثيرات درجة الحرارة.

15–2–2 عند تحديد عدد ومواقع مفاصل التقلص أو مفاصل العزل يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار تأثيرات الظروف المناخية واختيار المواد ونسبها وطريقة خلطها ووضعها ومعالجة (curing) الخرسانة. كما ينبغي أن يؤخذ بنظر الاعتبار تأثير درجة تقييد الحركة والإجهادات الناتجة عن الأحمال المسلطة وتقنية التشييد.

15–3 طريقة التصميم: (Design Method)

15–3–1 يجب أن تحسب القوى والأحمال المضخمة بموجب تجميعات الأحمال (load combinations) المبينة في الفقرة (6–2).

15–3–2 في حالة تجاوز المقاومة المطلوبة قيمة المقاومة التصميمية التي توفرها الخرسانة العادية الإنشائية فانه ينبغي توفير حديد تسليح حيث يعامل العنصر على انه عنصر خرساني مسلح وفقا للمتطلبات التصميمية المناسبة الواردة في هذه المدونة.

15–3–3 يجب أن يعتمد التصميم بطريقة المقاومة لعناصر الخرسانة العادية الإنشائية المعرضة للانحناء والأحمال المحورية على افتراض علاقة خطية بين الإجهاد والانفعال في حالتي الشد والانضغاط.

15–3–4 ينبغي أن تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة بنظر الاعتبار في تصميم عناصر الخرسانة العادية الإنشائية وذلك عند إتباع اشتراطات الفقرة (15–2).

15–3–5 في عناصر الخرسانة العادية الإنشائية ينبغي عدم تخصيص أي مساهمة في المقاومة لحديد التسليح في حالة احتواء عناصر الخرسانة العادية الإنشائية على مثل هذا الحديد.

15–3–6 في عناصر الخرسانة العادية المفردة ينبغي أن لا تنتقل قوى الشد خلال الحافات الخارجية ومفاصل التمدد ومفاصل التقلص أو العزل. كما ينبغي عدم افتراض وجود أية استمرارية في الانحناء الناتج عن الشد بين عنصرين متجاورين مشيدين من الخرسانة العادية الإنشائية.

15–3–7 عند حساب م قاومة الانحناء ومقاومة الانحناء بالاشتراك مع الحمل المحوري ومقاومة القص يجب أن يعتمد التصميم عن المقطع الإجمال ي (gross cross section) للعنصر . يستثنى من ذلك حالة الخرسانة الملامسة للتربة حيث ينبغي اعتبار السمك *(h)* أقل من العمق الكلي للعنصر بمقدار 50 مم .

15–4 التصميم باستخدام طريقة المقاومة: (Strength Design Method)

15–4–1 يجب تصميم المقاطع المعرضة للانحناء بالاعتماد على العلاقة التالية:

… **Error! Bookmark not defined.** $\phi M_n \geq M_u$ (1-15)

حيث أن قيمة M_u تحسب بموجب العلاقة التالية في حالة كون الشد هو الذي يحكم التصميم:

$$M_n = 0.40\lambda\sqrt{f_c'}S_m \quad \text{(2-15) …}$$

وفي حالة كون قوى الانضغاط هي التي تحكم التصميم يكون:

$$M_n = 0.85\ f_c' S_m \quad \text{(3-15) …}$$

حيث أن الحد (S_m) يمثل معامل المقطع المرن (Elastic Section Modulus).

15–4–2 ينبغي تصميم المقاطع المعرضة لقوى الانضغاط بموجب العلاقة:

$$\phi P_n \geq P_u \quad \text{(4-15) …}$$

حيث أن قيمة P_n تحسب من العلاقة:

$$P_n = 0.6\ f_c'\left[1-\left(\frac{\ell_c}{32h}\right)^2\right]A_1 \quad \text{(5-15) …}$$

حيث أن A_1 تمثل المساحة المحملة (loaded area).

15–4–3 يجب أن تتفاسب العناصر المعرضة للانحناء بالاشتراك مع قوى الانضغاط المحورية بحيث يكون التناسب على وجه الانضغاط طبقا للعلاقة:

$$P_u / \phi P_n + M_u / \phi M_n \leq 1 \quad \dots (6\text{-}15)$$

ويكون التناسب على وجه الشد طبقا للعلاقة:

$$M_u / S_m - P_u / A_g \leq 0.40 \phi \lambda \sqrt{f_c'} \quad \dots (7\text{-}15)$$

15–4–4 يجب تصميم المقاطع المستطيلة المعرضة لقوى القص اعتماداً على العلاقة:

$$\phi V_n \geq V_u \quad \dots (8\text{-}15)$$

حيث تحسب قيمة V_n للقص العامل باتجاه واحد (one way shear) بموجب العلاقة:

$$v_n = 0.11 \lambda \sqrt{f_c'} b_w h \quad \dots (9\text{-}15)$$

كما يجب حساب قيمة V_n للقص العامل باتجاهين (two way shear) باستخدام:

$$v_n = 0.11 \left[1 + \left(\frac{2}{\beta} \right) \right] \lambda \sqrt{f_c'} b_o h \quad \dots (10\text{-}15)$$

على أن لا تتجاوز قيمة V_n المقدار $(0.22 \lambda \sqrt{f_c'} b_o h)$

في العلاقة (10-15) تمثل β النسبة بين طول الضلع الطويل إلى الضلع القصير لمنطقة الحمل المركز أو مساحة منطقة ردود الأفعال.

15–4–5 يجب أن تصمم مناطق الإسناد المعرضة لقوى الانضغاط اعتمادا على العلاقة:

$$\phi B_n \geq B_u \quad \dots (11\text{-}15)$$

حيث أن (B_u) تمثل قوة التحميل المضخمة (factored bearing force) و(B_n) تمثل مقاومة التحميل الاسمية للمساحة المعرضة للتحمل A_1، كما وتحسب المقاومة (B_n) من العلاقة:

$$P_n = 0.85 f'_c A_1 \quad \text{(12-15)} \ldots$$

باستثناء الحالة التي يكون فيها مستوي الإسناد ذو مساحة أوسع على جميع جوانب مساحة التحمل عندها يجب ضرب المقاومة الاسمية (B_n) بالمقدار $\sqrt{A_2 / A_1}$ وبما لا يزيد عن 2.
حيث أن (A_2) هي مساحة مستوي الإسناد (supporting surface area).

15–4–6 الخرسانة خفيفة الوزن (Light Weight Concrete)

يجب استخدام قيمة معامل التعديل (λ) الخاص بالخرسانة خفيفة الوزن الوارد في هذا الفصل وفقا لمتطلبات الفقرة (5–5–1) ما لم يذكر خلاف ذلك.

15–5 الجدران: (Walls)

15–5–1 يجب أن تستند جدران الخرسانة العادية الإنشائية بشكل مستمر على التربة أو القواعد أو جدران الأسس أو العتبات الأرضية (grade beams) أو على العناصر الإنشائية الأخرى بما يؤمن مسندا مستمرا للأحمال الشاقولية.

15–5–2 يجب أن تصمم جدران الخرسانة العادية الإنشائية لمقاومة الأحمال الشاقولية والجانبية والأنواع الأخرى من الأحمال المسلطة عليها.

15–5–3 يجب أن تصمم جدران الخرسانة العادية الإنشائية لمسافة الاختلاف المركزية (eccentricity) الناتجة عن أقصى عزم مصاحب للحمل المحوري وبما لا يقل عن (0.10h).
في حالة كون محصلة جميع الأحمال المضخمة تقع ضمن الثلث الوسطي لسمك الجدار الكلي فان التصميم يجب أن يتوافق مع متطلبات الفقرة (15–4–3) أو (15–5–5) وبخلاف ذلك فان التصميم يجب أن يكون وفقا للفقرة (15–4–3) فقط.

15–5–4 يجب أن يتم التصميم لمقاومة قوى القص وفقا للفقرة (15–4–4).

15–5–5 طريقة التصميم الوضعية (Empirical Design Method)

15–5–5–1 ينبغي أن تصمم الجدران الصلدة (solid walls) ذات المقاطع المستطيلة المشيدة من الخرسانة العادية الإنشائية باستخدام العلاقة (15–13) في حالة كون محصلة جميع الأحمال المضخمة واقعة ضمن الثلث الوسطي لسمك الجدار الكلي.

15–5–5–2 يجب أن تصمم الجدران المعرضة لأحمال انضغاط محورية اعتمادا على العلاقة:

$$\phi P_n \geq P_u \qquad \text{(13-15) ...}$$

حيث أن (P_u) تمثل القوة المحورية المضخمة (factored axial force) بينما تمثل (P_n) مقاومة الأحمال المحورية الاسمية المحسوبة باستخدام العلاقة:

$$P_n = 0.45 f_c' A_g \left[1 - \left(\frac{\ell_c}{32h} \right)^2 \right] \qquad \text{(15-15) ...}$$

15–5–6 المحددات (Limitations)

15–5–6–1 يجب أن لا يتجاوز الطول الأفقي الذي يعتبر فعالاً لمقاومة كل حمل مركز مسلط على جدار المسافة بين مراكز الأحمال كما يجب أن لا يزيد عن عرض الإسناد مضافا اليه أربعة أمثال سمك الجدار.

15–5–6–2 باستثناء اشتراطات الفقرة (15–5–6–3) يجب أن لا يقل سمك الجدران الساندة عن النسبة (1/24) من الارتفاع أو الطول غير المسند (unsupported length) للجدار أيهما أقصر ولا يقل أيضا عن 140 مم.

15–5–6–3 يجب أن لا يقل سمك الجدران الخارجية (exterior walls) لأجزاء البناية تحت الأرض (السراديب) (exterior basement walls) وجدران الأسس عن 190 مم.

15–5–6–4 يجب تدعيم الجدران لتقاوم الإزاحة الجانبية (Lateral Translation)، (لاحظ الفقرتين (15–3) و (15–3–7)).

15–5–6–5 يجب توفير ما لا يقل عن قضيبين بقطر 16مم حول فتحات الأبواب والشبابيك في الجدران مع مراعاة أن تمتد هذه القضبان مسافة لا تقل عن 600 مم خارج نطاق زوايا تلك الفتحات.

15-6 الأسس (Footings)

15-6-1 يجب أن تصمم أسس الخرسانة العادية الإنشائية لمقاومة الأحمال المضخمة وردود الأفعال المؤثرة بما يتناسب مع متطلبات التصميم لهذه المدونة وبموجب اشتراطات الفقرات من (15-6-2) إلى (15-6-8).

15-6-2 يجب حساب أبعاد مساحة قاعدة الأساس بالاعتماد على القوى غير المضخمة (unfactored forces) والعزوم غير المضخمة المنتقلة عبر الأساس إلى التربة وبموجب ضغط التربة المسموح استنادا إلى خصائص التربة.

15-6-3 يجب أن لا تستخدم الخرسانة العادية الإنشائية في الأسس المستندة على ركائز (piles).

15-6-4 ينبغي أن لا يقل سمك أسس الخرسانة العادية الإنشائية عن 200 مم (لاحظ الفقرة (15-3-7)).

15-6-5 ينبغي حساب أقصى عزم مضخم مسلط على الأسس عند المقاطع التالية:

أ – عند وجه العمود أو وجه قاعدة العمود أو وجه الجدار.

ب عند منتصف المسافة بين مركز الجدار لجدران البناء (masonry wall) و وجه الجدار وذلك بالنسبة للأساس الساند.

ج –عند منتصف المسافة بين وجه العمود وحافة الصفيحة الفولاذية في أسفل العمود وذلك بالنسبة للأساس الساند لعمود يرتكز على صفيحة فولاذية عند قاعدته (steel base plate).

15-6-6 القص في أسس الخرسانة العادية (Shear in Plain Concrete Footings)

15-6-6-1 يجب حساب قوى القص المضخمة V_n وفقا للفقرة (15-6-6-2) عند موقع المقطع الحرج المقاس من وجه العمود أو قاعدة العمود أو الجدار وذلك بالنسبة للأسس التي تسند عمودا أو قاعدة عمود أو جدارا اما بالنسبة للأسس التي تسند عمودا مجهزا بصفيحة فولاذية (steel base plate) عند طرفه الأسفل يحدد المقطع الحرج عند الموقع المعرف بالفقرة (15-6-5-ج).

15-6-6-2 مقاومة القص (ϕV_n) للأسس الخرسانة العادية الإنشائية قرب مواضع الأحمال المركزة أو ردود الأفعال يجب أن تحكم بموجب الشرط الأشد من الشرطين التاليين:

أ - قوى القص العاملة باتجاه : عندما يمتد المقطع الحرج في المستوي المار عبر العرض الكلي للأساس وعلى مسافة تساوي (h) مقاسة من وجه الحمل المركزي أو منطقة ردود الأفعال مع مراعاة أن يتم تصميم الأساس وفقا للعلاقة (15-9).

ب- قوى القص العاملة: حيث يكون المقطع الحرج متعامدا مع مستوي الأساس وأن يكون محيط المقطع الحرج (b_o) أقل ما يمكن شريطة أن لا يكون موقع المقطع الحرج على بعد يقل عن $(h/2)$ من وجه الحمل المركز أو منطقة رد الفعل، وعند استيفاء متطلبات هذا الشرط يجب أن يصمم الأساس وفقا للعلاقة (15−10).

15−6−7 ينبغي التعامل مع الأعمدة أو قواعد الأعمدة ذات المقاطع المدورة أو المقاطع المضلعة المنتظمة على انها عناصر ذات مقاطع مربعة لها مساحة مكافئة وذلك لتحديد موقع المقاطع الحرجة للعزوم والقص.

15−6−8 ينبغي أن لا تزيد قوة التحميل المضخمة (factored bearing force) (B_n) المسلطة على الخرسانة عند سطح التماس بين الأساس والعنصر الإنشائي المستند على الأساس عن مقاومة التحميل الاسمية (ϕB_n) لأي من السطحين المعرفين في الفقرة (15−4−5).

15−7 القواعد: (Pedestals)

15−7−1 يجب أن تصمم القواعد المشيدة من الخرسانة العادية لتقاوم الأحمال الشاقولية والجانبية وأية أحمال أخرى مسلطة على القواعد.

15−7−2 يجب أن لا تزيد نسبة الارتفاع غير المسند (unsupported length) معدل البعد الأقل لمقطع القواعد المشيدة من الخرسانة العادية عن 3.

15−7−3 ينبغي أن لا يتجاوز أقصى حمل محوري مضخم (P_u) مسلط على القواعد المشيدة من الخرسانة العادية المقاومة التصميمية الاسمية للتحمل (ϕB_n) المحسوبة بموجب الفقرة (15−4−5).

المصادر
References

1. مركز بحوث البناء – مؤسسة البحث العلمي " الكود العراقي للخرسانة المسلحة", بغداد, 1987, 68 صفحة.

2. اللجنة الدائمة للكود المصري لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية " الكود المصري لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية ", مركز بحوث الاسكان و البناء , وزارة الاسكان و المرافق و المجتمعات و العمرانية, 2006, 390صفحة.

3. نقابة المهندسين السورية " الكود السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة ", الطبعة الثالثة, دمشق, 336صفحة.

4. أ.د.هاني محمد فهمي "تصاميم الخرسانة المسلحة", الجامعة التكنلوجية,1986.

5. ACI Committee 318 “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.

6. ACI Committee 117 "Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary", (ACI 117-06), American Concrete Institute, 2006, 70pp.

7. British Standard Institution (BSI) “British Standard BS 8110, Structural Use of Concrete, Part1: Code of Practice for Design and Construction”, British Standard Institution, London, 1997, 128pp.

8. British Standard Institution (BSI) “British Standard BS 8110, Structural Use of Concrete, Part2: Code of Practice for Special Circumstances”, British Standard Institution, London, 1985, 50pp.

9. British Standard Institution (BSI) “British Standard BS 8110, Structural Use of Concrete, Part3: Design Charts for Singly Reinforced Beams, Doubly Reinforced Beams and Rectangular Columns”, British Standard Institution, London, 1985, 60pp.

10. (CEN) European Committee for Standardization “pr EN1992-1-1, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part1: General rules and rules for buildings”, 2002, 226pp.

11. (CEN) European Committee for Standardization “DD ENV 1992-1-6, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part1.6: General rules-Plain Concrete Structures”, 1996, 24pp.

12. International Code Council “International Building Code”, International Code Council, INC., 2009, 731pp.

13. International Code Council “Uniform Building Code Vol.2: Structural Engineering Design Provisions”, 1997, 545pp.

14. Canadian Commission on Building and Fire Codes and National Research Council of Canada “National Building Code of Canada: Volume 1”, National Research Council of Canada, 2005, 819pp.

15. Canadian Commission on Building and Fire Codes and National Research Council of Canada “National Building Code of Canada: Volume 2”, National Research Council of Canada, 2005, 344pp.

16. Saudi Building Code National Committee “Saudi Building Code: Concrete Structures Requirements SBC 304”, 2007, 266pp.

17. Saudi Building Code National Committee “Saudi Building Code: Concrete Structures Commentary SBC 304C”, 2007, 290pp.

18. Council of Standards Australia “Australian Standard: Concrete Structures, AS360”, Standards Australia International Ltd, Sydney, Australia, 2001, 181pp.

19. Reynolds, C. E. and Steedman, J. C. “Reinforced Concrete Designer’s Handbook”,10 th edition, E & FN Spon, Taylor and Francis Group, 1988, 449pp.

20. Nawy, E. G. “ Reinforced Concrete- A Fundamental Approach” , 6th edition , Prentice Hall, 2005, 848pp.

21. Dvorkin, L. and Dvorkin, O. “Basics of Concrete Science”, St-Petersburg (Russia), Stroi-Beton, 2006, 199pp.

22. Indian Railways Institute of Civil Engineering “Concrete Technology”, 2007, 118pp.

23. Saouma, V. E. “Lecture Notes in: Mechanics and Design of Reinforced Concrete, CVEN 4555”, 2003, 173pp.

24. Ray, S. S. “Reinforced Concrete- Analysis and Design”, Blackwell Science, 1995, 556pp.

25. MacGinley, T. J. and Choo, B. S. “Reinforced Concrete, Design Theory and Examples”, 2nd edition, Spon Press, Taylor and Francis Group, 1990, 540pp.

26. Elliott, K. M. “Precast Concrete Structures”, Butterworth Heinemann, 2002, 389pp.

27. Allen, A. H. “Reinforced Concrete Design to BS 8110 Simply Explained”, E. & F.N. Spon, 1988, 256pp.

28. Lee, Y. H., Scanlon, A. and Kim, H. “Deflection Control of Concrete Members Based on Utility Theory”, ACI Structural Journal, 2007, 60-67.

29. Ghoneim, M. and El-Mihilmy, M. “Design of Reinforced Concrete Structures”, Volume1, 2nd edition, شركة البلاغ للطباعة والنشر والتوزيع، جمهورية مصر العربية , 2008, 219pp.

30. Ghoneim, M. and El-Mihilmy, M. "Design of Reinforced Concrete Structures", Volume2, 2ndedition, شركة البلاغ للطباعة والنشروالتوزيع جمهورية مصر العربية , 2008, 219pp.

31. Ghoneim, M. and El-Mihilmy, M. "Design of Reinforced Concrete Structures", Volume3, 1st edition, شركة البلاغ للطباعة والنشروالتوزيع، جمهورية مصر العربية , 2008, 425pp.

32. Caldarone, M. A. “High Strength Concrete- A Practical Guide, Taylor & Francis, Taylor & Francis Group, 2009, 273pp.

33. Nawy, E. G. “Concrete Construction Engineering Handbook”, 2nd edition, CRC Press, Taylor and Francis Group, 2008, 1586pp.

34. Nilson, A. H., Darwin, D. and Dolan, C. W. “Design of Concrete Structures”, 13th edition, McGraw-Hill, 2004, 779pp.

35. The Institution of Structural Engineers EC2 “Manual for the Design of reinforced Concrete Building Structures to EC2”, London, 2000, 157pp.

36. The Institution of Structural Engineers “Manual for the Design of Reinforced Concrete Building Structures”, 1985, 89pp.

37. Coello, C. A., Christiansen, A. D. and Santos Hernandez, F., “A Simple Genetic Algorithm for the Design of Reinforced Concrete Beams”, Engineering with Computers, Volume 13, 1997, pp. 185-196.